控制论浅述

H. 格林尼斯基

科学出版社

控制論淺述

H. 格林尼斯基著

甘子玉譯

科学出版社

1963

H. Greniewski

ELEMENTY CYBERNETYKI SPOSOBEM NIEMATEMATYCZNYM WYŁOŻONE

Państwowe Wydawnictwo Naukowe

1960

内 容 簡 介

这是一本概述性的入門书，其論述程度介于专門論著与通俗介紹的小冊子之間。书中首先讲述控制論的基本概念、研究对象、研究的内容和方法。随后即順次叙述如何运用控制論的概念来建立生物模型、行为模型。对于信息和語言的形式运算，建立邏輯模型（模拟計算和翻譯工作）和經济活动模型等問題，也作了簡明的解說。本书的讲述体系和其中的若干概念，虽然不是成熟的定論，其中有一些是需要討論、商榷的，但是可以帮助讀者了解控制論的一些基本概念和概貌。本书原名为“不用数学解释的控制論”，叙述的方法比較浅近，即使是在数学、电子技术和生物科学等方面的准备知識不够充分的讀者，也还可以看得懂。

控 制 論 淺 述

H. 格林尼斯基著

甘 子 玉 譯

*

科 学 出 版 社 出 版（北京朝阳門大街 117 号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

北京市印刷一厂印刷　新华书店总經售

*

1963 年 8 月第 一 版　　书号：2784　字数：100,000

1963 年 8 月第一次印刷　　开本：850×1168 1/32

（京）0001—5,400　　印張：4 1/8

定价：0.70 元

譯　序

"控制論"这个名詞是N. 維納在1947年才提出来的。十几年来，由于自动控制和計算技术等新技术发展的刺激，这門学科的发展极为迅速。但是，这門学科毕竟是很年青而尚未完全定型，因此，現有的控制論书籍大都是比較专門的論著，或者是通俗介紹控制論的意义和用途的小册子，入門的概述性的书籍还不多。

波兰控制論学者H. 格林尼斯基博士所写的这本书，正好介于专門論著与介紹性的小册子之間。本书比較系統地解释控制論的若干基本概念和基本系統，叙述的方法比較浅近，即使是在数学、电子技术和生物科学等方面的准备知識不够充分的讀者，也还可以看得懂。

正如作者在前言里所說的，到目前为止，控制論这門学科尚缺乏定型的和成熟的叙述方法，許多概念还有待討論，还沒有出現标准的教科书。因此，这本书的讲述体系和其中的若干概念，是作者的一个尝試，它不是已經成熟了的定論，其中有一些是需要进一步討論、商榷的，但是它可以帮助讀者理解这門学科的概貌与一些基本概念，适合于对控制論有兴趣的讀者閱讀。

本书从讲述控制論的基本概念、研究对象、內容和方法开始，順次叙述如何运用控制論的概念来建立生物模型、行为模型。对于信息和語言的形式运算、建立邏輯模型（模拟計算和翻譯的工作）和經济活动的模型等問題，也有簡明的解說。作者在本书中曾着重說明，有生命的对象和无生命的对象是有着本质的区别的。这个說明非常重要。讀者应該注意，在提到模型或自动机器具有条件反射、思維能力、学习能力等"拟人化"的詞句时，那只是指这些由人类劳动所創造出来的模型或自动机器，在某些方面、在一定

程度上能够模拟某些生命或智慧活动的一部分而已．至于資产阶級“思想家”們，妄图利用和曲解控制論的最新成就，鼓吹“机器比人聪明”、“控制論与自动化能够解决一切社会經济問題”、“社会規律可以归結为‘控制科学’的規律”等等，这些当然是利用控制論而进行的荒謬歪曲，这和控制論的实驗研究与科学的理論探討，完全是两回事．我們应該在馬克思主义观点的指导下，一方面吸收和发展控制論研究中正确的、科学的內容，一方面批判和揚弃其中錯誤的、唯心主义的东西．对于目前流传的一些錯誤观点，科学出版社出版的 N. 維納“控制論”的譯者序中，已經作了初步的分析批判，讀者可以參閱那篇譯序．

本书原名为“不用数学解释的控制論”，1960 年在波兰华沙出版．同年譯为英文．本书是根据英譯本*翻譯的．在个别的地方，中譯者加了一些簡单的註解，均以“譯者註”标明．

譯者热誠期待对譯文提出批評与指正．

譯　者

一九六二年九月

---

* “Cybernetics Without Mathematics”，1960 年版．

前　　言

凡是曾經从事科学普及工作的人，都会认識到，这項工作是不容易做好的．

基本的矛盾在于解释的明晰程度与篇幅的大小．对一門学科所作的簡要解說，常常不够清楚，讀者需要集中注意来研讀，因而感到苦恼．反之，如果一篇文章、一本小册子或一本书写得过长，也会使讀者感到厌倦．在这上面，需要取得一个恰当的平衡，这是首先要克服的一种困难．

科学知識的普及，往往需要对概念、証明和解释作出适当的簡化．这里孕育着一个危险．讀者可能只从作者文字的表面来看問題，容易得到一种錯觉，以为这門学科的概念和原理，正是象他現在所閱讀的讀物那样簡单容易．

当我們要讲述象控制論这样年青的学科时，还会增加其它的困难．从控制論的現状和成就来看，它是一門重要的科学，普及的需要业已成熟．但在另一方面，控制論是在第二次世界大战中才誕生的，在科学史的时間尺度上，它还处于嬰儿时期．当一門学科非常年青而发展极为迅速时(控制論正是处于这种状况)，如果要断定在这門学科中哪些概念是最重要的，这是一桩相当困难的事情．

因此，到目前为止，还沒有对控制論的經典式的說明．特别是控制論这門学科的基础，还沒有人用或多或少地被公认的任何方法加以系統地整理．这种情况并不奇怪，因为科学史給我們表明，沒有哪一門学科的历史发展是从它的邏輯基础上建立起来的．相反地，一門学科的邏輯的基础，却往往在它的发展后期才能完成．

看来，在本书中，与其給讀者一大堆具体細节和彼此关系不明

的片断事实，还不如对控制論的現有系統作出比較詳細的解释，或至少是提綱挈領的解說．这样写，是比較合理的。

因此，作者决定在这本书里，对控制論提供一个普及的但却是系統的解說，甚至按我的見解，对它的基础作出綱要式的叙述．作为基本概念，我在此引入了一个“相对孤立系統”的概念．

这样，我就大胆地违反了一个业已形成的传統：一門学科，只有取得一定程度的經典形式之后，才能普及化．

在这里，我只能說明，我自己关于控制論基础的观点，最初是在一九五六年第一屆国际控制論会議上［在比利时的納繆尔（Namur）召开的］提出的*．其后，在同年，匈牙利科学院在巴拉頓維拉哥斯（Balaton-Vilagos）召开的由拉兹罗·柯尔馬尔（Laszlo Kolmar）教授主持的一次討論数理邏輯和控制論的学术会議上，我又发表了这些看法．在这两次，我都沒有遇到反对性的意見．因此，可以說，这本书并不是叙述任何已經普遍公认的概念，而是系統地解說一个目前还沒有反对意見的观点．

控制論誕生于許多門学科的边緣，尤其是在工程技术、生物科学、数学、数理邏輯等学科之間出人意料的边緣地带．渊博地熟悉这些边緣領域，是超出任何一个个人的能力之外的．因此，在本书的解說中，必然存在着若干缺点．

尽管作者有着极良好的願望，如果讀者还苦于本书有点“难于消化”时，請想象一下作者在写作本书时所要克服的許多困难，就将得到安慰．

一本科学书籍，特别是科学普及书籍，从最初的印象看来，属于作者个人自己独特的东西，总是比較少的．作者总是他的前輩的继承者，甚至在他反对前人的意見时也是这样的．他的声音，在

* 作者在这里提到的控制論基础的观点，見 1958 年在納繆尔和巴黎出版的“第一屆国际控制論会議会报．1956 年 6 月”（Proceedings. The 1st International Congress on Cybernetics. Namur, June, 1956）．作者提出的論文題为“邏輯学与控制論”（Logique et Cybernetique），該論文的摘要（法文）載于会报的第 117 頁至 119 頁．——譯者註

一定程度上，往往是老师、朋友、同事告訴他的話的回声．在这方面，本书也并不例外．作者对于下面所提及的友人，謹致很大的謝意．

如果沒有T.科塔尔宾斯基(Tadeusz Kotarbinski)教授的讲学和著作的影响，本书中行为模型这一章就可能写不出来．这一章中所包含的許多观点，也是同S.曼沙斯基教授(Stefan Manczarski)、J.沙比罗博士(Jerzy Szapiro)、S.布格斯拉夫斯基博士(Stanislaw Boguslawski)交談的結果．

同布加勒斯特的G.莫依薩教授(G. Moisil)以及同O.烏茲塔司維契博士(Olgierd Wojtasiewicz)、K.斯沙尼亚夫斯基博士(Klemens Szaniawski)的討論，无疑地也反映到"邏輯模型"一章的讲述中．

沒有O.朗格教授(Oskar Lange)的建議，我也許不会有写出"經济模型"一章的念头．这一章所提出的概念，也受到和鹿特丹(Rotterdam)的J.梯恩伯金教授(J. Tinbergen)交談的影响．我还应該感謝波兰科学院度量經济委員会的同人們——已故的H.哥尔維契女士(Halina Górwicz)、W.哈格瑪佐博士(Włodzimierz Hagemajer)、A.查列布夫契烏克博士(Alojzy Ghlebowczyk)和W.薩道夫斯基先生(Władysław Sadowski)，他們向作者提出了許多有价值的建議．

图解在本书中起着重要的作用，这一点讀者将会欣賞的．这应該归功于M.哥特格夫人(Maria Goettig)的技巧．

本书的英譯本，是由O.烏茲塔司維契博士翻譯的，K.斯沙尼亚夫斯基博士看了譯稿，并經G.毕德威尔先生(G. Bidwell)校正过．

作者感謝所有为本书出力的人們．

H.格林尼斯基

目　次

第 一 章

基本概念

1.0 相对孤立系統

"相对孤立系統"不是一个新概念，在自然科学中，它已經被运用了許多世紀(虽然还不是明确的)，至少从希波克里特斯(Hippocrates)的"Corpus"(身体)*一书那时就开始了(参閱文献 L.5)。但是，把这个概念明显、精确地运用，却是由于控制論的需要(参閱文献 G.7)。而且，这个概念的精确运用，对于归納法邏輯和比拟邏輯也是很重要的(参閱文献 G.5，G.6，G.9，S.5，S.6)。

这个概念的含义是什么？我們可以先讲一下**"絕对孤立系統"**。絕对孤立系統是：

(1) 它不被宇宙間其它事物所影响；

(2) 它对宇宙間其它事物也不能施加影响(这样的一种系統实际上能否存在，这里先不討論**)。

至于**"相对孤立系統"**，是指任何一个具有以下两个特性的系統(而且也只是符合这两个特性的系統)。即：

(1) 它受宇宙間其它事物的影响，但这种影响只应是通过特定的途径，叫做**"輸入"**；

(2) 它对宇宙間其它事物施加影响，但这种影响只应是通过特定的途径，叫做**"輸出"**。

上述的概念，其本源虽然是很簡单的，但是也有若干复杂情况。比如，应該考虑自我影响的系統(象自我校正系統)的情况。

* 希波克里特斯，古希腊医学家、生理学家，約生于公元前460年，死于公元前377年。流传至今的著作，是公元前三世紀时由多祿某王下令辑集整理的希氏全集(共60冊)，"身体"一书即收在此集中。——譯者註

** 自然界中各个对象(或現象)是互相联系、互相依賴、互相制約的。絕对孤立系統在实际上并不存在。这里提出絕对孤立系統的抽象概念，自然是为了說明相对孤立系統，拿来作比較用的。——譯者註

对于系統中的某些(不是全部)输出同时也是輸入的情况，即反饋耦合的系統，也是应該承认的.

我們首先要研討的基本概念，是关于相对孤立系統的概念．对于"輸入"和"輸出"的含义，我們很难給予足够精确的規定，它們都是抽象的概念．只有我們把它当作是"原始名詞"，并把一定的公設引入这两个概念中，才能給予精确的含义．这就是說，它們只能用在初等几何学中对于"点"、"面"等名詞的解說方法，才能得到准确的描述．对于本书的普及目标来說，这些公設可能是太复杂了，我們不如在这些根本的困难面前閉上眼睛，而采取一种比較簡单化的解释方法.

1.1 时間序列、状态序列、时-态函数*

在每一給定的相对孤立系統中，每一个輸入和輸出都具备有：

(1) 它的**时間序列**，即：至少是包括两个元素的一組瞬息时間，或时間間隔；

(2) 它的**状态序列**，即：一組可分辨出来的各个状态(以下簡称可辨状态).

在一个給定系統中，任一个輸入和任一个輸出，在它的时間序列中的任何瞬間，都只能有一个可辨状态.

在一个給定的輸入(或輸出)的时間序列中的各个元素，与一个輸出(或輸入)的状态序列中的各个可辨状态之間，可以形成一个关系．这一关系所构成的函数，叫做这一个輸出的**时-态**(时間-状态)**函数**．时-态函数这个概念，可以比拟于导弹的"弹道"．"弹道"是指在各个瞬間与导弹的相应的空間位置之間的函数关系．我們給弹道以一个更加概括的含义，即时間序列中不同要素(或时間間隔)与已知輸出(或輸入)在某一抽象空間中各个可辨状态之間的函数关系．这就是时-态函数的概念了．这里所說的抽象空

* 这三个名詞，原书是借用：calendar(日历)、repertory(节目表)、trajectory(弹道)三詞，以利于讀者理解．但是譯者认为，对我国讀者来說，还不如用它們的本来意义更易理解和記忆，而且对于以后各章节中运用这几个概念更有利．所以，在这里直接运用时間序列、状态序列和时-态函数三个术語．因为这个缘故，在本段中解释时-态函数并与弹道比拟的几句話，在譯文上略有改动．——譯者註

間，就是各个可辨状态的状态序列.

1.2 刺激与反应

对于"一个輸入的一个可辨状态"这个詞，我們可以简单地用"刺激"来代替；对于"一个輸出的一个可辨状态"这个詞，我們可以用"反应"来代替.

时-态函数这个名詞，是从力学中"弹道"这个概念轉借来的，而且正如上面所說，把它的含义概括化了. 同样地，"刺激"和"反应"两詞，是由生理学和心理学借用的，但是其意义也相当地概括化了. 这种从其它专門学科术語中借用詞語，并使其含义概括化的办法，看来是建立控制論专用术語的有效方法.

1.3 四种系統类型

相对孤立系統可以分为四种类型：一种分类法是按**可靠系統**和**不可靠系統**区分，另一种分类是按**进向系統**和**回向系統**区分.

人們有理由問：(1)輸入和輸出的区别是什么？(2)刺激和反应之間存在着什么关系？要解答这两个問題，可以分别就每一种类型的系統来解說.

1.4 进向可靠系統

这种系統具有如下两个特性：

(1) 每一个輸入的状态序列，至少包括有两个可辨状态；

(2)任何輸出的現时可辨状态，由这个給定系統的各个輸入的过去和現时的可辨状态所完全决定.

上述第(2)項，叫做局部决定原理.

我們举两个进向可靠系統的例子：

(1) 钥匙与鎖的系統，可能就是最簡单的一种进向可靠系統了. 显然，钥匙就是唯一的輸入，而鎖的鎖上，則是系統的唯一輸出. "鎖門"这种状态，恒为钥匙的过去状态(钥匙的轉动)所完全决定.

(2) 假設有一个結构完善的电气装置，与电源相接，具有一个开关及两根导綫，在綫端装有一良好灯泡. 这里开关是唯一的輸入，而灯泡是唯一的輸出. 灯泡的状态，由开关的現时状态所完全

决定。

1.5 进向不可靠系統

这种系統具有如下两个特性：

(1) 每一个輸入的状态序列，至少包括有两个可辨状态；

(2) 任何輸出的現时可辨状态，由給定系統各个輸入的現时和过去的可辨状态所决定，其决定的概率常数大于 50%。

上述第（2）項，叫做局部或然决定原理。

下面的一个例子，虽然非常簡单，但也能說明問題。在桌子上有两个瓶子（我們把它簡称为右瓶和左瓶）。瓶子里放有黑白两种颜色的球。左瓶里大多数放黑球，右瓶里大多数放白球。每一次把手伸入瓶子中取出一个球，有时从左瓶取，有时从右瓶取，这是完全随意的。每一次只許取出一个。每次取出的球放在桌子上。在下一次再去取球时，把已放在桌子上的球归回原来取出的瓶子里。这是一个进向不可靠系統。輸入是取球的手的动作，輸出是放在桌子上的球的状态。輸入的状态序列中包括两个可辨状态，即：用手伸进左瓶的运动，用手伸进右瓶的运动。輸出也有两个可辨状态，即：在桌子上出現黑球，在桌子上出現白球。如果用手伸进左瓶，黑球出現在桌子上的概率大于 50%；如果用手伸进右瓶，白球出現在桌子上的概率也是大于 50%。

按照哲学上的决定論看来，每一个进向系統都是可靠的，但是，我們的生活經驗往往告訴我們，似乎每一个进向系統都是不可靠的。这个表面上的矛盾，也很容易用哲学上的决定論去解释。在实际生活中，我們难得知道一个进向可靠系統的所有的各个輸入，因此，它們被我們的无知弄混淆了，所以这个系統看来就是不可靠的系統了*。

---

* 唯心主义者反对决定論，他們硬說世界上各种事物的自然过程并不服从規律性、因果性，这当然是荒謬的。十七世紀到十九世紀，自然科学中形成了机械唯物論的世界观，企图用牛頓力学来解释一切自然現象。机械唯物論者把因果性和必然性混为一談，把偶然性和必然性絕对地对立起来，否认客观世界的偶然性，企图用拉普拉斯的机械决定論来解释一切。这种认識也是不对的。在微观世界中，拉普拉斯的决定論和牛頓力学就走不通了。

罗素(B. Russell)曾經举过一个著名的例子，来說明事件决定序列这一概念的不可靠性(参閱 R. 2). 假設把一个硬币放进自动售票机中，而正好当时发生突然地震，則售票机不能送出入場票. 打个不大严格的比喻，进向可靠系統就正如一个保証不会遇到地震的售票机一样(虽然这个比喻不是十分精确的). 即使这个担保不是百分之百的可靠，但已經有了高度的可靠性. 在这种情况下，严格地說，这个系統是进向不可靠系統，但它能够很方便地經过近似处理，当作是一个进向可靠系統. 当然，如果是另外一种情况，这个售票机并沒有得到上述保証，那它就是一个进向不可靠系統了.

1.6 反应时間

我們經常处理的是进向系統的問題(包括可靠的或不可靠的)，在这种系統里，过去的或現时的輸入状态，对現时的輸出状态的作用(参閱第 1.4, 1.5 节)，是受如下条件所制約的：

一个給定系統中的每一对輸入和輸出，其間都需要有一定的非負数的时間单位. 这是发生反应所必需的时間，叫做反应时間，或称**时滞**. 如果在成对的輸出、輸入中，刺激发生在时滞之前，那么，它对輸出的現时实际的可辨状态，不会发生影响.

1.7 回向可靠系統

这种系統具有如下两个特性：

(1) 任一个輸出的状态序列，至少包括两个可辨状态；

(2) 任一个輸入，其过去的(而且是距离現时足够远的时間)可辨状态，由現时及过去的(但不得早于上述輸入的时間)輸出之可辨状态所完全决定.

上述第(2)項称为局部反决定原理.

可以說，福尔摩斯的才能，就是他能够在他的专門領域內发現

同时，控制論所研究的自动控制系統的問題，也是无法用以牛頓力学为基础的传統力学方法来解决的，它需要摆脱拉普拉斯决定論，从机械唯物論的思想中摆脱出来. 維納把控制論的研究建立在統計理論的基础上，是进了一步的. 但是，如何在辯証唯物主义的观点指导下，把必然性和偶然性更好地正确地統一起来，这还是控制論研究中的一个有待进一步研究的問題. ——譯者註

回向可靠系統．当他知道輸出的“今天”的状态（比如，犯罪的痕迹）之后，他就能够无疑問地决定輸入的“昨天”的状态（比如，犯罪者和他的行动方法）．

1.8 回向不可靠系統

这个系統具有如下两个特性：

（1）每一个輸出，至少包含有两个可辨状态；

（2）任何輸入的过去（但距現时有足够的时間）的可辨状态，由輸出的現时和过去（但不得早于上述輸入）的可辨状态所决定，其决定概率大于50%．

上述第（2）項称为局部或然决定原理．

仍然用偵探小說的例子来比喻．一个回向可靠系統当然是任何一位偵探的理想，但是，实际上事情并不象願望那样，所有的偵探在研究案件的时候，差不多总是遇到回向不可靠系統的．

1.9 决定函数和反决定函数

在給定的前向系統中，一个輸出的“**决定函数**”，是指从刺激求得反应的函数．

在給定的回向系統中，一个輸入的“**反决定函数**”，是指从反应求得刺激的函数．

无論是决定函数和反决定函数，都可以用解析方法或矩陣方法表示．这些矩陣，以后将和两元系統（0-1系統）一起討論．

1.10 对偶性

任何系統的**时間方向**如果逆轉了，輸出就替代了輸入，而輸入就变成了輸出，这样，一个进向系統就变成一个回向系統了（反之，一个回向系統也可变为一个进向系統）．在进向系統里，輸出的現时状态是被輸入的过去和現时状态所决定的（邏輯地决定或概率地决定）．在回向系統中，情况則与此相反，輸入的过去状态是由輸出的現时状态和最近的过去状态所决定的．

相对孤立系統的定理具有**对偶性**．每一个关于进向系統的定理，在回向系統中，都具有一个（也只有一个）相应的（对偶的）定理，反之亦然．对于这两类系統，如果其中有一类系統的某个定理

被証明了，則相对偶的另一个定理，只需經过簡单的变换就可以証明。

对偶性是許多演繹定理的特征，比如在分配格代数、布尔代数和投影几何中都是如此。

1.11 相对孤立的假說

有一次，T.科塔尔宾斯基(Kotarbinski)* 教授向我提出了一个棘手的問題，我們怎样才能知道某一給定对象是相对孤立系統呢？当然，对于那些已經存在过而当它存在时已被适当研究过的对象，要确定它是否是相对孤立系統，是并不困难的。但是，T.科塔尔宾斯基教授所指的，不是这种容易确定的情况，而是指存在于将来的对象或者是在过去我們沒有观察的对象。

为了完滿地回答这个問題，需要熟悉自然科学和社会科学的詳細历史。由于作者在这方面素养的不足，仅能作如下的說明：

(1) 人类在几千年来，就运用着进向系統的一定概念。从太古时代起，人們就想要知道，他們用什么方法、怎样才能取得所需要的一定結果。在历史过程中，有些輸入从某些系統中清除出去了(比如，人們不再相信，某些天体的外表形状会影响人們的命运)，但是，有些新的輸入的概念又加到其它系統上(比如，細菌在疾病发生中的作用)。

(2) 人类在几千年来，也已經运用着回向系統的一定概念。他們希望知道，过去未知的哪些因素已經(或将要)給現时的事物状态带来什么影响。时間的推移，新的經驗，迷信領域的縮小或扩大，科学的进步等——所有这些，都能使我們从各个回向系統中剔除一些輸出和加入一些輸出。

看来，把某一定对象看作是一个相对孤立系統的信念，往往正是从对某些与之相似的对象是这种系統的信念之破灭而产生的。

我們也可以退許多步来說，即使我們不知道把某一个对象作

---

* 据苏联小百科全书(МСЭ)第5卷載，T.科塔宾斯基院士：波兰科学院院长，从1918年起在华沙大学任教授，专业是邏輯学与行为学研究。行为学研究的內容，在本书第五章中有所介紹。——譯者註

为是一个进向或回向系統的信念是怎样产生的，但是我們仍然可以假定它是一个相对孤立系統．因为这个内容丰富的假說，可以使我們能够証明許多原理，并在經驗的与实験的研究中帮助我們．而且它还具有一个基本的优点——虽然現在它还不能被充分証明，但是它能够在实驗上被反証出来(参閱 G.5,G.6,G.9)． 3

第 二 章

基本概念(續)

2.0 輸入信息系統、輸出信息系統、信息系統

对于所有可能的各种輸入(或輸出),我們可以区分为两类:(1)信息輸入(或輸出),(2)物理輸入(或輸出).

所謂信息,我們是指任何消息、通訊、允許、禁止、指令. 当我們說一个給定輸入(或輸出)是信息輸入(或輸出)时,就是說,它的每一个可辨状态都是一个信息(請讀者注意,信息这个詞,用于控制論的术語,也用于口語或其它方面的意义). 我們說一个給定的輸入(或輸出)是一个物理輸入(或輸出)时,是指它所有的可辨状态都不是信息.

在某些情况下,要区别一个信息輸入(輸出)和一个物理輸入(或輸出),是非常困难的.

有了信息輸入(或輸出)的概念,还可以导入三个重要概念.

一个輸入信息系統,是指至少有一个信息輸入的相对孤立系統.

一个輸出信息系統,是指至少有一个信息輸出的相对孤立系統.

一个信息系統,是指既有信息輸入又有信息輸出的系統.

神經系統中的感受器,可以作为信息輸入的典型例子. 神經系統中的效应器,可以作为信息輸出的典型例子. 整个神經系統可以作为信息系統的典型例子.

現代技术产生了为文明社会所不可缺少的許多种类的信息系統. 其中有传送信息的信息系統(如电話、电传印刷),有記录信息的信息系統(如口授录音机),还有用以处理信息的信息系統(如邏輯机、数学机器、統計机和簿記会計机器).

2.1 图解方法

为了将解释簡化，我們把以后的分析限于逬向可靠系統．如果用到“系統”一詞而不加註解的話，那就是指逬向可靠系統．

这里介紹一种表示系統的图解方法．任何系統，其中并未再区分为許多子系統的(这一点，后面还要討論)，可以用一个矩形表示．每一个輸入，用位于矩形上边的带箭头的直綫表示，箭头指向矩形．每一个輸出，用位于矩形下边的带箭头的直綫表示，箭头离开矩形．請讀者参看图 2.1.0．

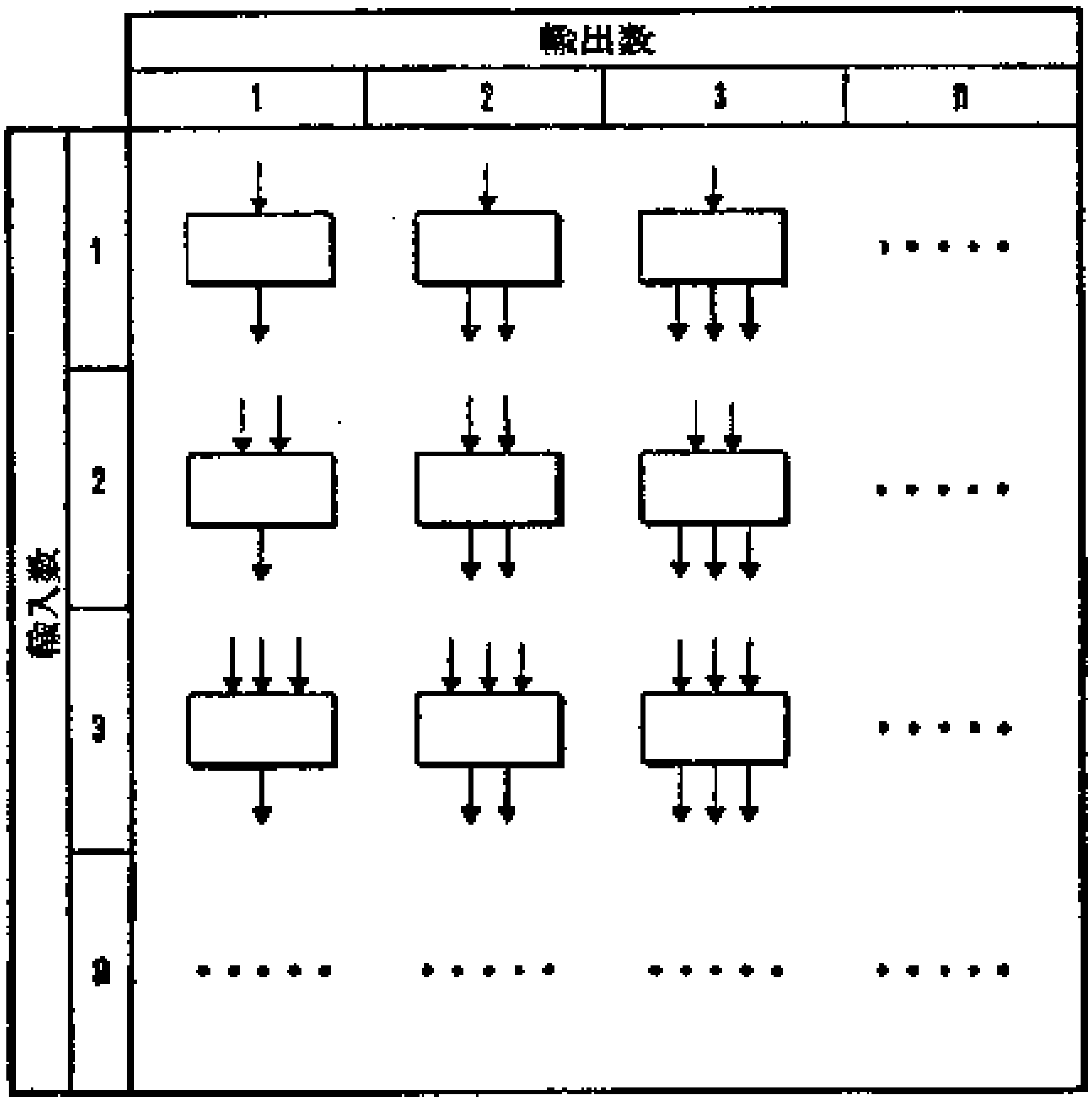


图 2.1.0 具有不同数目的輸入和輸出的系統

2.2 “0-1”系統

在一个輸入(或輸出)的状态序列中，所包含的可辨状态的数目，可以是一个小数目，也可以是一个大数目，有时甚至是一个无限大的数字．在这里，最簡单的一种情况是：这个状态序列中只包含两个可辨状态，一个是 0，一个是 1．对輸入来說，0-状态是指

完全沒有任何刺激，1-状态是指只有刺激存在．对輸出来說，0-状态是指完全沒有反应，1-状态是指只有反应存在．在一个 0-1 系統中，所有的輸入都准确地只有两种可辨状态，所有的輸出也最多只有两种可辨状态．0-1 系統在控制論中占有很重要地位．屬于 0-1 系統类型的某些系統，将在以下各章中簡要討論．0-1 系統的理論，主要是建筑在两值語句演算的基础上．

現在，給讀者介紹几种基本的 0-1 系統．这就是：**否定系統**(图 2.2.0)，**延滞系統**(图 2.2.1)，**选取系統**(图 2.2.2)，**合取系統**(图 2.2.3)．

否定系統只有一个輸入和一个輸出．当輸入中无刺激时，輸出才能出現反应；当輸入有刺激时，輸出才是沒有反应的．用继电器来构成否定系統，是并不困难的．比如，輸入是具有一个开关的綫路，綫路中还有一个电磁綫圈；輸出是另一个具有电磁鉄控制开关的电路．由于这个继电器（即电磁鉄加上控制开关）的作用，当輸入电路为开断时，輸出电路为通路，反之亦然(見图 2.2.0)．

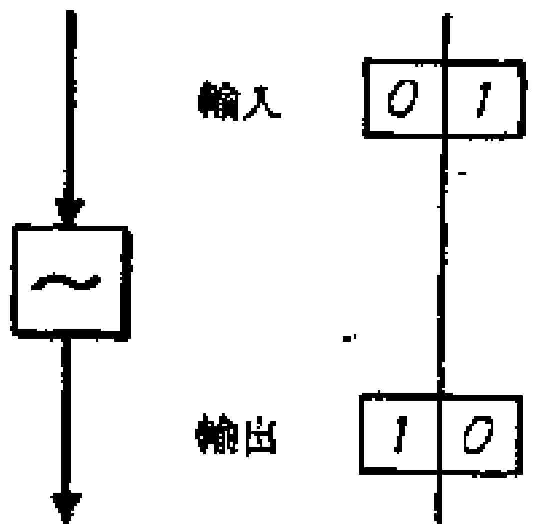


图 2.2.0 否定系統

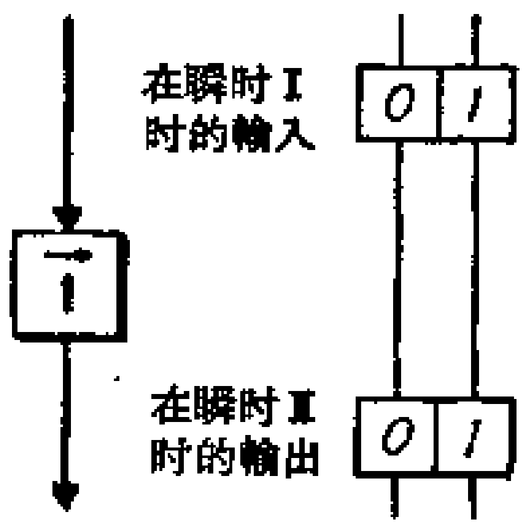


图 2.2.1 延滞系統

延滞系統的輸出状态，和时間上比它早一些的輸入的状态，是完全一致的．延滞系統并不改变輸入的状态，而只是把它保存下来．輸出和輸入之間的时間間隔，就叫做时滞．对于制造儲藏信息的“記忆”装置来說，延滞系統是难以估价的要素(見图2.2.1)．

选取系統具有两个輸入和一个輸出．它可說是一个超灵敏的系統．在两个輸入中，只要有一个有刺激，在輸出中即可发生反

应．这种系統的继电器，由三个电路組成，即两个輸入电路和一个輸出电路．每一个輸入电路都有一个开关，并各包括一个单独的电磁鉄綫圈．这两个电磁鉄控制着輸出綫路的两个并联的开关(見图 2.2.2)。

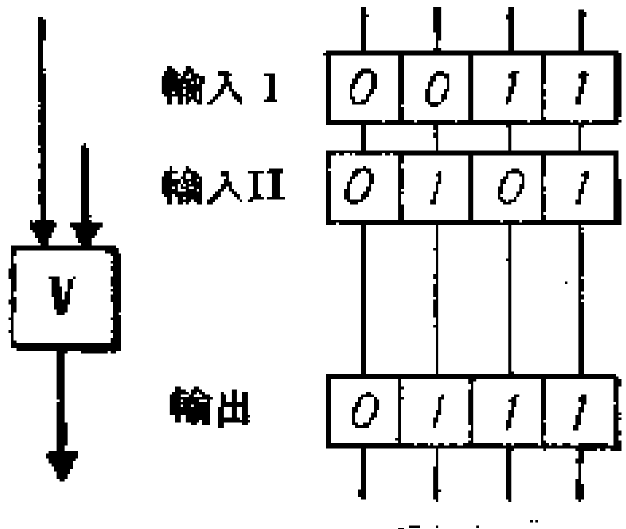


图 2.2.2 选取系統

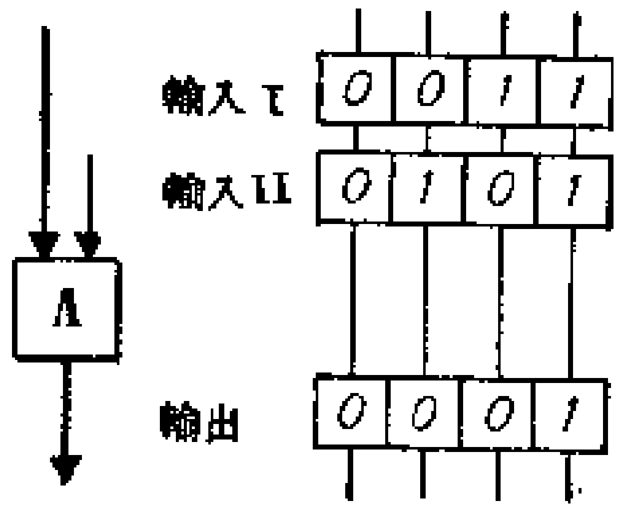


图 2.2.3 合取系統

合取系統是低灵敏的系統．它要求只有在两个輸入中都有刺激时，輸出才能发生反应．反之，如果两个輸入中只有一个有刺激，或者是两个都沒有刺激，則輸出就不发生反应。請参閱图 2.2.3。合取系統的继电器，其构造与选取系統的继电器相类似，唯一的不同，就是輸出綫路的两个开关不是并联而是串联的（参閱文献：B.1，C.1，G.3，G.5，G.B.M，M.2，M.3，S.4）。

2.3 重复系統

我們說某一系統重复 n 次，就是指这个系統能滿足以下条件：

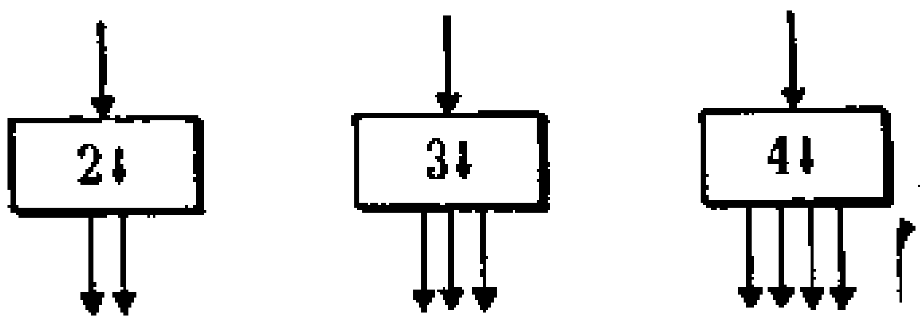


图 2.3.1 重复系統

(1) 它只有一个輸入，(2)它有 n 个輸出，(3)所有的輸出具有相同的时-态函数，(4)輸出的时-态函数和輸入的时-态函数是相同的，或者只是在时間上有間隔(时滞)。

通常的滚筒油印机，可以算是最簡单的重复系統的例子。

两次重复系統的 0-1 矩陣，列于表 2.3.0。

我們用一套特定的符号来标志重复系統．請看图 2.3.1。

表 2.3.0

在瞬时工时輸入的状态	第一輸出的状态	第二輸出的状态
	瞬 时 工	
0	0	0
1	1	1

2.4 系統的代数学

关于系統的理論，和代数学有相当程度的相似.

“代数学”这个名詞的現代含义，是指建筑在下列方法上的理論：这里有給定的各个元素的非空类的集合，至少其中有一部分是有效地已知的，我們研究处理此集合的一切元素或其中部分元素的运算方法，而且这些运算能够給出属于这个集合的答案.

在系統理論中，給定的集合就是所有系統的族，其中某些系統(在現时，我們先不管它是哪些系統)是有效地已知的. 在这个理論中，我們討論相对孤立系統的运算方法，而在差不多所有的場合下，这些运算的結果是一个新的相对孤立系統.

在相对孤立系統代数学的各种运算中，我們将只叙述二元化和耦合系統(参閱文献 G. 2, G. 3, G. 11, M. 2, P. 1, S. 4).

2.5 輸入和輸出的二元化

我們将討論在一給定系統中，輸入(或輸出)的可辨状态的数目，与輸出(或輸入)的可辨状态的数目之間的一定的数値关系. 这个問題对于信息論非常重要，这里用几个例子来說明.

假設有一个系統，它只有一个輸入，它的状态序列中包括四个可辨状态，以下列四个数字表示：0, 1, 2, 3.

我們很容易看出，这个系統可以用一个具有两个輸入、每个輸入又各有两个可辨状态(0-1 系統)的系統来代替，如表 2.5.0.

我們再举一个例子，一个系統只有一个輸入，它的状态序列包括八个可辨状态，并以下列数字表示：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. 我們也能很容易地看出，这个系統也能以一个具有三个 0-1 輸入状态的系統来代替(見表 2.5.1).

表 2.5.0

在二元化之前	在二元化之后	
只有一个輸入的状态	輸入Ⅰ的状态	輸入Ⅱ的状态
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

表 2.5.1

二元化前	二元化之后		
只有一个輸入的状态	輸入Ⅰ的状态	輸入Ⅱ的状态	輸入Ⅲ的状态
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

概括地說，如果一个輸入(或輸出)，其状态序列中有 2^n 个可辨状态．我們可以用具有 n 个輸入（或輸出)，而且其状态序列只有两个元素 0 与 1（或称二元状态序列)的系統，来代替它．

我們可以設想，需要我們传送的一个信息輸入，它是某些文字的信息，它包括 2^n 个元素的符号(即字母加上标点符号)．和上面所說的一样，我們可以用 n 个 0–1 信息輸入来代替它，并毫不困难地用以传送同样多的信息．

所有这些，都可以說明 0-1 系統（二元化系統）在控制論中的重要性．因为具有許多种状态的系統，都可以简化为只有 0-1 两种状态的系統．

这个重要性，由于以下原因而更加显著：

(1) 运用各种技术(如运用继电器、真空管、半导体、鉄淦氧体等)建立一个 0-1 系統,并无任何严重的困难;

(2) 正如那些主张"全或无"理論的生理学家所主张的,神經系統的功能,都具有二元的特性. 就是說,在一个神經系統中,或者具有刺激(用 1 表示),或者沒有刺激(用 0 表示),而并无其它状态(参閱文献 B. 2,M. 2,R. 1,S. 1,S. 2).

2.6 串联耦合

让我們考虑两个系統,系統 I 和系統 II. 在系統 I 的各个輸出中,其中有一个輸出同时又是系統 II 的輸入,而且这个輸出的时-态函数,与系統 II 輸入的时-态函数完全一样. 在这种条件下,系統 I 和系統 II 就构成一个整个的系統,我們用 U 来表示它. 系統 U 就是系統 I 与系統 II 的**直接串联耦合**. 上述定义,可以用图 2.7.0 的上面部分来說明.

我們可以举一个串联耦合的例子,一个打字員在打字. 这件看来很簡单的事情,包含着三个系統.

系統 I = 打字員. 在这里,輸入 = 打字員的眼睛(还有其它的感受器暂且不予考虑);輸出 = 打字員的指头(还有其它的效应器也暂且不考虑). 每一个輸出的每一个状态(即打字員指头的每一个有目的性的运动),都受輸入状态所完全决定(假定打字員在打字中不发生差錯).

系統 II 的解释,比較有点奇怪. 在这里,輸入是打字員的指头,輸出是打字机的字鍵. 每一个輸出的每一状态,由相应輸入的状态所决定.

系統 III = 打字机. 在这里,輸入 = 字鍵,輸出 = 打出的字母. 每一輸出的每一状态,都由相应輸入的状态所决定.

在上述例子中,請注意:(1)系統 I 的每一个輸出,是系統 II 的一个輸入. 系統 I 的这个輸出的时-态函数,和系統 II 的这个輸入的时-态函数完全一样. (2)系統 II 的每一个輸出,是系統 III 的每一个輸入. 上述这个輸出的时-态函数,和这个輸入的时-态函数完全一样.

因此，(1)系統Ⅰ和系統Ⅱ构成直接串联耦合，(2)系統Ⅱ和系統Ⅲ构成直接串联耦合。

除了直接串联耦合外，还有**間接串联耦合**。在上例中，系統Ⅰ和系統Ⅲ构成間接串联耦合，其条件是：系統Ⅱ需要滿足以下两个条件。(1)系統Ⅰ和系統Ⅱ直接串联耦合，(2)系統Ⅱ和系統Ⅲ直接串联耦合。在打字这个例子中，打字員和她的打字机，就构成了間接串联耦合。

2.7 反饋耦合

有时还有这种情况，即不只系統Ⅰ和系統Ⅱ是直接串联耦合，而且系統Ⅱ也和系統Ⅰ直接串联耦合（見图 2.7.0 的中間部分）。在这种条件下，我們說这是一种**直接反饋耦合**。换句話說，当系統 U 滿足以下两个条件时：(1)U 是系統Ⅰ和系統Ⅱ的串联耦合，(2) U 是系統Ⅱ和系統Ⅰ的串联耦合，則系統 U 就叫做系統Ⅰ和系統

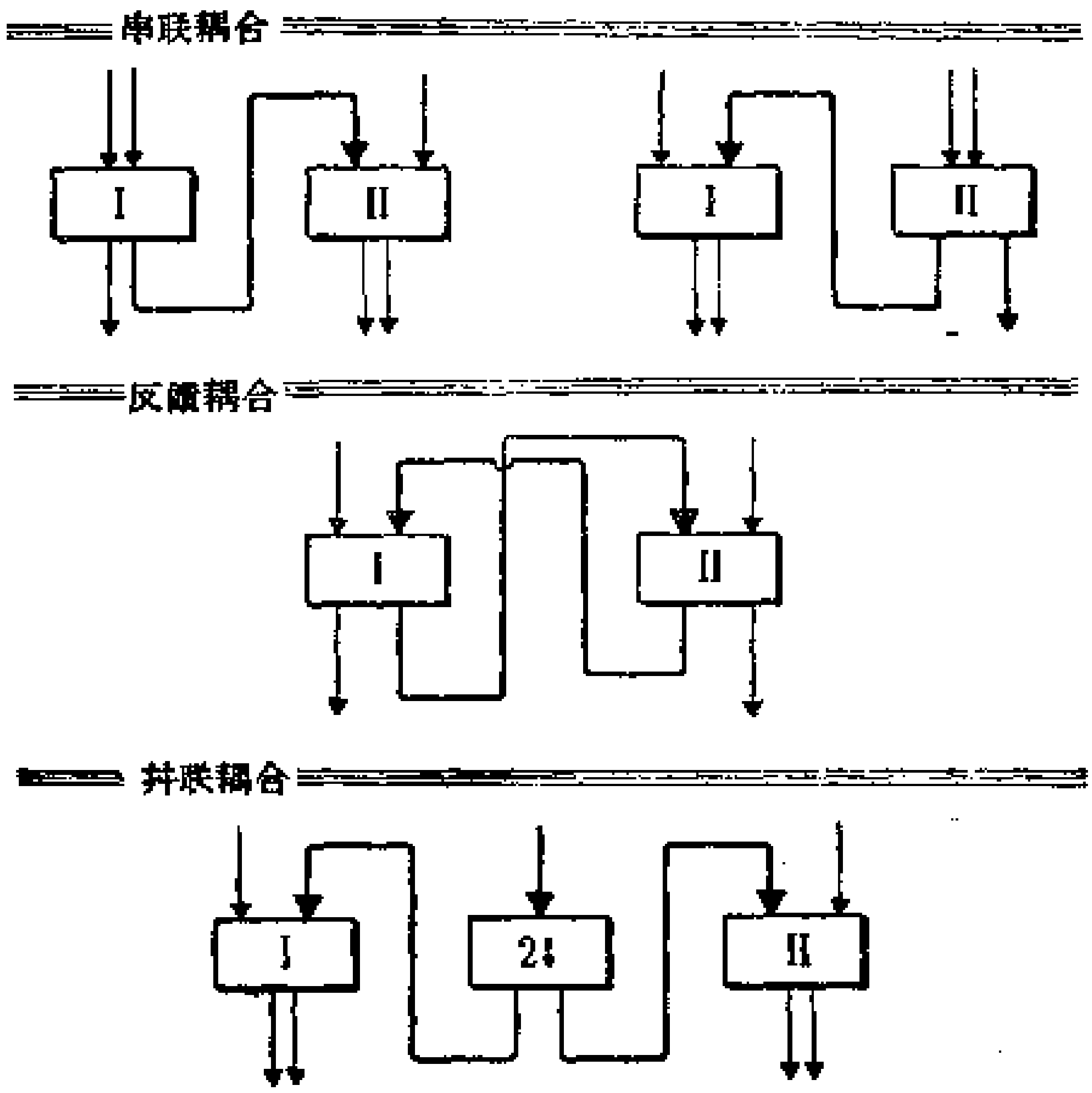


图 2.7.0 串联耦合、反饋耦合和并联耦合

Ⅱ的直接反饋耦合.

除了有直接反饋耦合之外,还有**間接反饋耦合**.系統Ⅰ和系統Ⅱ构成間接反饋耦合,必須滿足下列三个条件中的任一个:(1)系統Ⅰ和系統Ⅱ构成間接串联耦合,而系統Ⅱ和系統Ⅰ直接串联耦合;(2)系統Ⅰ和系統Ⅱ构成直接串联耦合,而系統Ⅱ和系統Ⅰ构成間接串联耦合;(3)系統Ⅰ和系統Ⅱ构成間接串联耦合,而系統Ⅱ和系統Ⅰ构成間接串联耦合.

上面这个定义比較复杂,但是用图解表示就較易理解了(見图2.7.1).

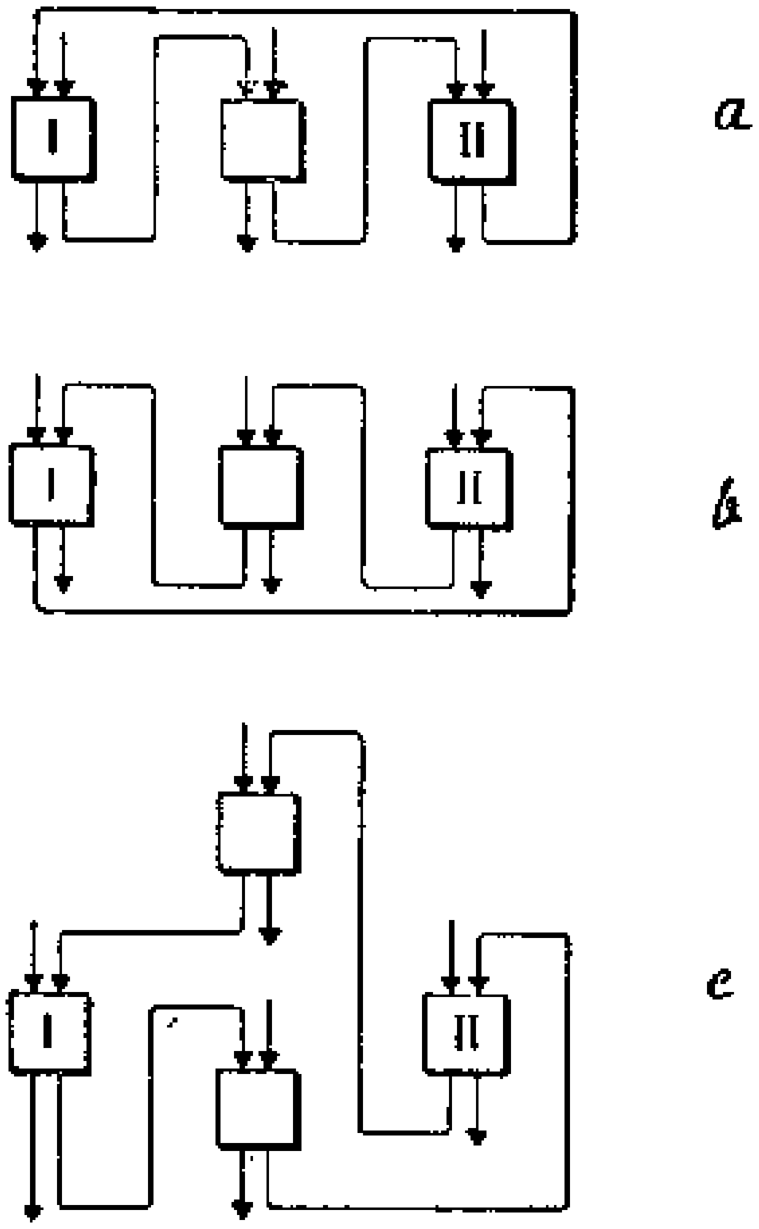


图 2.7.1
間接反饋耦合

在工程技术和社会組織中,对于有生命的或无生命的对象来說,反饋耦合都具有重要的意义.

反饋耦合的一个好例子,就是包括有計划单位和执行单位的系統.前者和后者串联耦合(传送从計划单位中所得結果,作为指令).后者也和前者串联耦合(传送执行单位在收到指令后执行的报告).

另外一个在社会关系中的例子,是教师和学生的耦合.教师和学生串联耦合(讲授知識,提出詢問),而学生也和教师串联耦合(回答詢問,提出問題).教师的上述行为影响学生,学生的上述行为也影响教师.因此,(1)教师通过間接的途径,对自己的行为发生影响(通过学生);(2)学生也通过間接的途径,对自己的行为发生影响(通过教师).

在以后，我們还会討論其它反饋耦合的例子。

我們可以把两类反饋耦合区分出来，一类是**負反饋耦合**，一类是**正反饋耦合**。但是，这幷不是排他性的分类，有些反饋耦合，是既非負反饋耦合，又非正反饋耦合的（参閱文献 S.3，L.3，W.2）。

2.8 負反饋

我們从一个例子說起。一个人在公路上駕駛汽車，他不时地看看車上的速度表。他希望用大体上均匀的速度来开車，因此，根据速度表上的讀数，他有时加大踩在油門上的压力，有时减少对油門的压力。这个司机和汽車构成了間接串联耦合（右脚—油門），而汽車也和司机构成間接串联耦合（速度表—司机的眼睛）。当汽

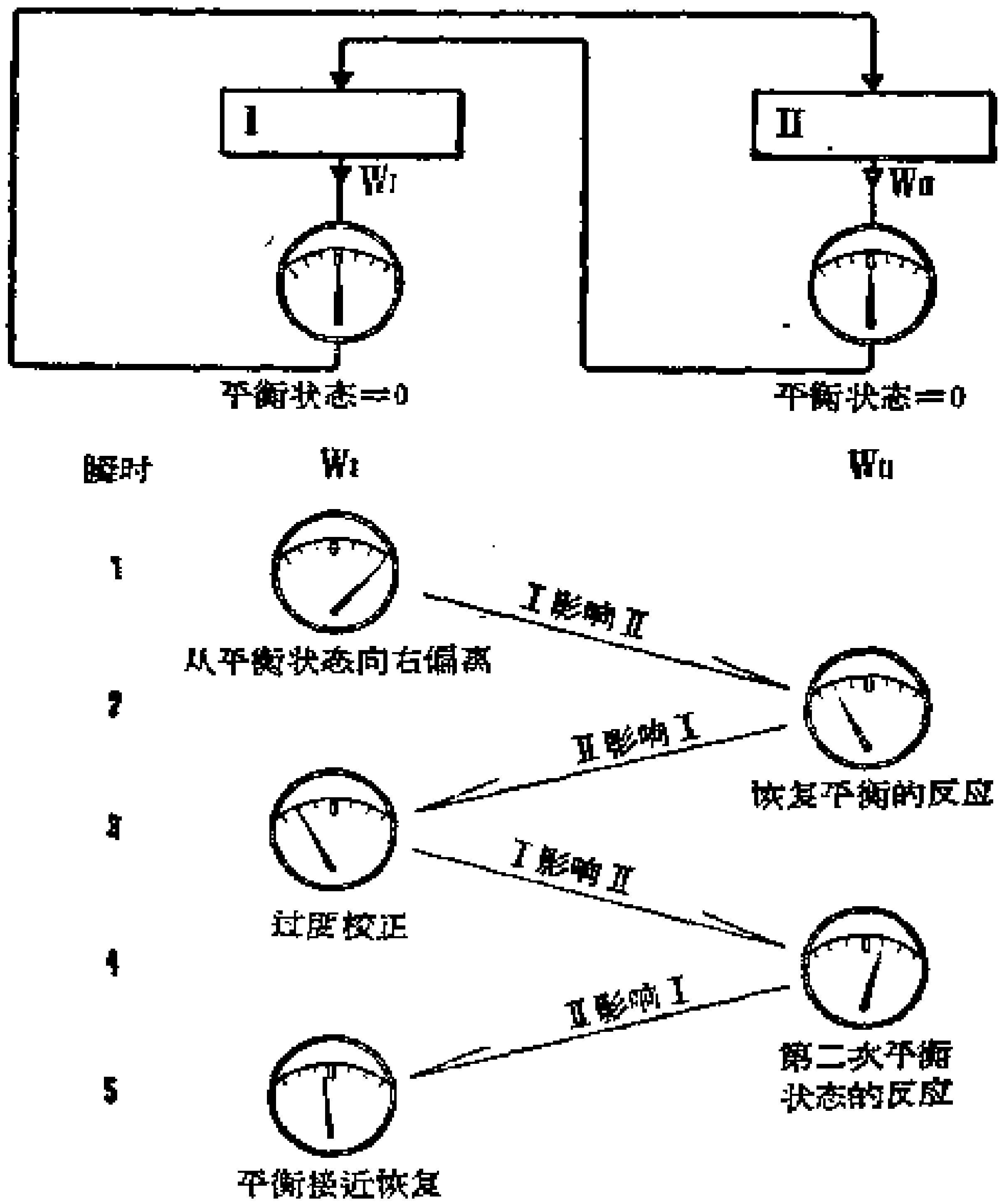


图 2.8.0
負反饋耦合

車速度超过了司机所預定的标准时，他减少踩在油門上的压力，当汽車速度低于預定标准时，他增加踩在油門上的压力。

让我們把上述例子引入一般的情况。有两个反饋耦合系統——Ⅰ和Ⅱ。系統Ⅰ和系統Ⅱ耦合，在系統Ⅰ的輸出(W_{I})的状态序列中，各个可辨状态带有定量的性质。在这些可辨状态中，預定一个可辨状态（这个可辨状态不是数量范围中两极端的状态，而是在范围内中間的一个），叫做“**平衡状态**”。系統Ⅱ和系統Ⅰ耦合，在系統Ⅱ的輸出(W_{II})的状态序列中，各个可辨状态也具有定量的性质。如果輸出W_{I}的实际可辨状态脫离了平衡状态时，則W_{II}能采取这样的一个可辨状态，这种状态能对系統Ⅰ起作用，使W_{I}的下一次状态向平衡状态接近。如果上述条件都能滿足，我們說，系統Ⅰ和系統Ⅱ是**負反饋串联耦合**(見图2.8.0)。

上述解释本来还可以进一步概括化。我們可以不必假定輸出$W_{\mathrm{I}}W_{\mathrm{II}}$的可辨状态都具有定量性质。我們只需假定，$W_{\mathrm{I}}$和$W_{\mathrm{II}}$的状态序列都是一个度量空間就成了。但是，在本书引入度量空間的概念，可能在数学上太专門了，在本书中我們不予討論。

負反饋是一种維持輸出状态接近于平衡状态的方法，这种方法，在自然界、工程技术、社会組織中，都是經常被运用的。

2.9 正反饋

再从一个例子談起。假定有两人在談話（談話者Ⅰ和談話者Ⅱ），两人都不是特别冷静的。談話的題目又很易于激动这两个談話者。談話的声音，开始时比較低。Ⅰ开始說的話比較平静，但是它激怒了Ⅱ，Ⅱ的回答把嗓門提高了一点，而Ⅰ又用更响的声音去回复他，这样下去，到末了，两个人都大喊大叫，企图把对方的声音压倒。

这例子也可以概括化。两个系統Ⅰ和Ⅱ，是反饋耦合的。系統Ⅰ和系統Ⅱ耦合，在系統Ⅰ的輸出(W_{I})的状态序列上，各个可辨状态具有定量性质；状态中的一个（不是数量最大的一个）是平衡状态。系統Ⅱ和系統Ⅰ耦合，系統Ⅱ的輸出(W_{II})的状态序列中，各个可辨状态也具有定量性质。如果W_{I}的实际可辨状态和

平衡状态相异，W_{II}将产生这样的一个可辨状态，它向系統Ⅰ施加作用，使W_I的下一次状态更加离开平衡状态（如果还可能的話）。如果上述条件都能满足了，我們說，系統Ⅰ和系統Ⅱ构成**正反饋耦合**（見图 2.9.0）。

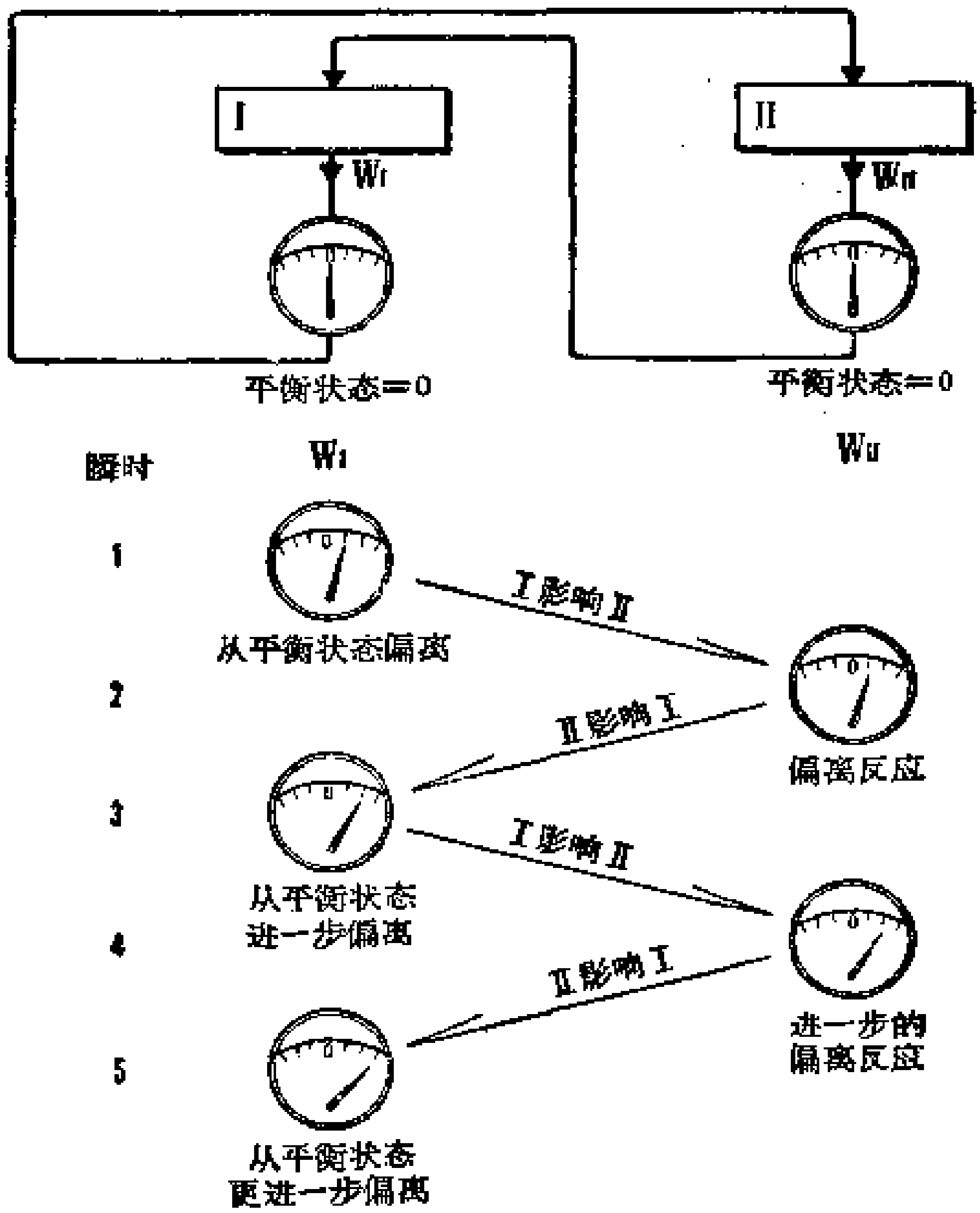


图 2.9.0
正反饋耦合

上面的解說还不够概括，因为它还不适用于連續的时間序列（即：在这种时間序列中，任一瞬間都沒有一个直接的先行者和后継者）。正反饋也可以用度量空間的概念而取得一个更加概括化的定义，但是我們这里还是要避开这个数学上的专門細节。

有許多生物学和社会学的現象，都是正反饋現象。

2.10 并联耦合

并联耦合的概念，可以用串联耦合和重复系統的概念来說明。如图 2.7.0 下面部分所示，系統 U 是一个系統 I 和系統 II 并联耦合的系統。因为这里的重复系統 U^* 滿足以下两个条件：(1) U^* 和系統 I 串联耦合，(2) U^* 和系統 II 串联耦合。

并联耦合的概念，在工程技术中应用甚广。信息并联耦合的一个最簡单的例子，可以說是两个人一同閱看一张报紙(参閱文献 G.7，G.B.M)。

2.11 自耦合

一个系統和它自己构成串联耦合，即：在各个輸出中，有些輸出同时又是本系統的輸入，这个系統就叫做**自耦合**系統。自耦合系統是一个特例，它不但是一种串联耦合，而且也是反饋耦合。請参閱图2.11.0。

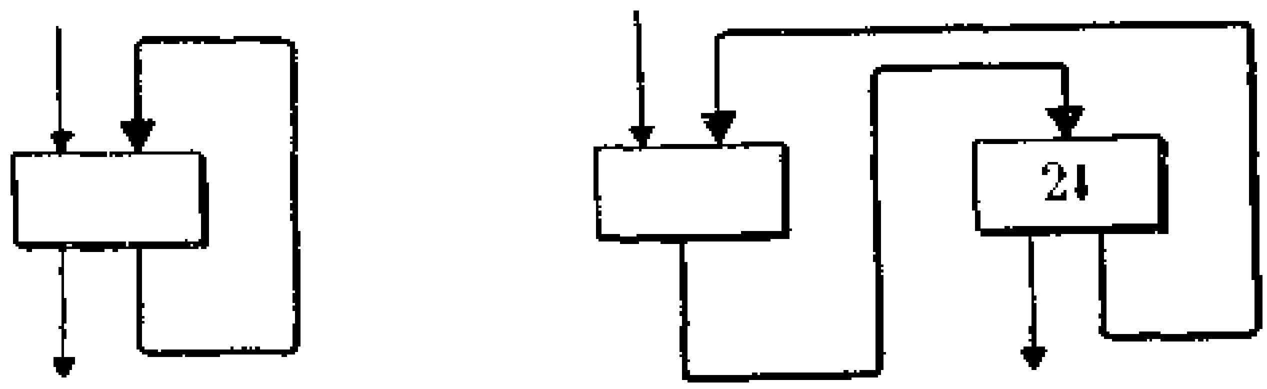


图 2.11.0
自耦合

2.12 輸入、輸出和輸通

两个系統（I 和 II）构成串联耦合，而且 I 的唯一輸出是 II 的一个輸入的話，那么，I 的这个唯一的輸出就叫做从 I 到 II 的**輸通**(throughput)(参閱文献 G.11)。

2.13 耦合的矩陣

让我們看看任一个系統 Z 的非空值的和有限的集合。假定系統 Z 所包括的两个系統具有如下特性：系統 I 和系統 II 直接串联耦合，这个耦合通过一个輸通（即单一的輸出-輸入）来完成。我們还进一步假定，任何屬于 Z 的系統，除了有輸通之外，至多只有一个輸入不是輸通，至多只有一个輸出不是輸通（它們叫做 Z 的

外来輸入和外去輸出)．

在这种情况下，整个集合可用 0-1 矩陣表示：

(1) 矩陣中各分出一行(也只分出一行)，給予构成 Z 的每一个系統．(2)矩陣中各分出一列(也只分出一列)，給予构成 Z 的每一个系統．(3)在相对应于系統 A 的行和对应于系統 B 的列之交点的空格上，如果 A 和 B 沒有串联耦合，則写上 0；如果 A 和 B 串联耦合，則写上 1．

一个包括有三个系統 A、B、C 的集合 Z，可从下例加以分析(見图 2.13.0)．

这个例子的耦合矩陣，如表 2.13.1：

表 2.13.1

輸　入	輸			出	輸出总計
	外来的	A	B	C	(个)
外去的	·	1	1	1	3
A	1	1	0	1	3
B	1	1	0	0	2
C	1	1	1	1	4
輸入总計(个)	3	4	2	3	12

讀者从上表不难看出，在耦合的矩陣中，从左上角到右下角的对角綫上，如果两端相对称地都是 1，那就表示这是一个直接反饋耦合(外去的輸出或外来的輸入除外)．而且，在对角綫上出現的 1，也只有在这給定系統为自耦合时才有可能．

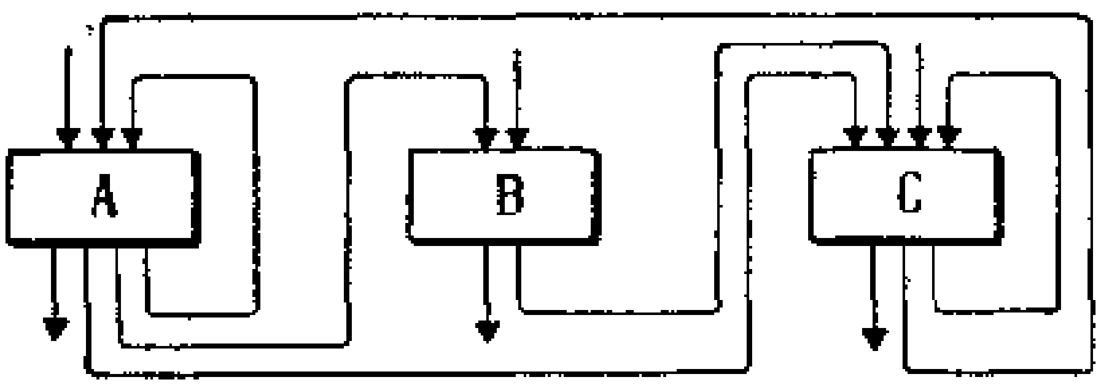


图 2.13.0
系統 A、B 和 C 的集合 Z

第 三 章

控制論的学科內容与方法

3.0 科学与元科学

如果我們研究現实世界的一部分，我們用属于一种特定語言的語句——这种語言叫做**对象語言**——来描述它。如果这种語句的集合是足够丰富而且在邏輯上是一貫的，并且所包括的語句能够很好地被証明为有确实根据的，我們就把这些語句的集合称为**科学**。让我們現在假定，只有这样的語句集合才叫做"科学"。

我們現在不考虑科学所描述的現实世界的一部分，而集中注意科学本身。那么，我們可以提出許多問題。科学是否是內部构成的？它在試驗上能証实嗎？这些科学中的哪些語句是从給定語句邏輯地推演出来的？科学中的哪些語句是在邏輯上能够独立的？所有这些問題及其答案，都不是能用对象語言来規定的，而是要用另外一种語言来規定的（这里包括属于科学的語句的名称）。这种語言，服务于上述描述科学的新的目的，叫做"元語言"。上述問題的答案，不属于我們剛剛所狹窄地解释的"科学"。它們属于一定語句的集合，叫做"**元科学**"。在这方面，現代科学方法論已經分出邏輯与元邏輯，算术与元算术，几何和元几何等等*（参閱文献G.4，134頁与M.3）。

我們通常不能先去研究元科学，然后再去研究科学。但是有一个显著的例外，我們在下面将要讲到的。

回答什么是某一給定科学的主題內容，这不是科学的事情，而

---

* 本节中所說的科学的定义，可能带有語义哲学的影响。語义哲学认为科学只是一种自足的邏輯上沒有矛盾的命題系統。唯物主义的正确观点是：科学是指反映客观世界規律的知識，是在人們实践的基础上产生和发展的，它运用于实践、受实践所检驗。——譯者註

是元科学的事情。在我們熟悉某一門給定的科学的至少一个語句之前，如果就問：这門科学的內容是什么？这个問題，虽然不是錯誤的，但却是过早了，我們过早地进入元科学的討論。这就是为什么要首先討論这門給定的科学，然后才进入元科学的緣故。这本书也是采用这样的顺序。因此，控制論的学科內容这一問題，只有到現在才能討論。

我們在下一步，将进入属于元科学水平上的問題，我們將討論控制論研究的方法。

3.1 构成系統的事物

在本节中，"技术事物"这一名詞，是指"由人或人們有目的地加工造成的事物"。"非技术事物"这一名詞，是指"沒有經过任何人类有目的地加工造成的事物"。

有一些相对孤立系統是由无生命的非技术事物所构成的，比如，只是經过自然作用造成的无生命事物所构成的系統。但是，有許多系統是由有生命事物构成的，比如任何的机体、任何器官、任何神經系統，都是一个相对孤立系統。在神經系統中，我們把感受器作为輸入，把效应器作为輸出。学生也是一个相对孤立系統，他的感受器是輸入，效应器是輸出。教师在讲課和提出詢問时，他向学生这个系統輸进一定輸入(感受器)的一定状态，其目的是从学生那里得到輸出(效应器)的某些特定状态——得到問題的正确答案。当然，这个目的并不是常常能够实現的，因为：(a)教师只有控制学生的輸入的有限能力，(b)即使教师具有心理学上教学法的知識，他也不能精确地知道作为輸入状态一定函数的輸出状态的規律(因为对所包括的决定函数的了解不足，請參閱第1.9节)。当然，学生不是相对孤立系統的唯一例子。病人的情况也同样如此。医生和教师所遇到的困难，常常是惊人地相似的。

让我們进一步說，由技术事物所构成的系統，有許許多多不同的种类，例如各种机器、測量仪器，以及物理学上的各种实驗对象等等。任何物理学家馬上可以看出，实际上任何用于教学目的的試驗系統，也都是一个相对孤立系統。

还有比上面所說的更复杂、性质上不同的系統——各种社会系統。一个最簡单的例子便是在演习中的一支紀律严明的部队。更加复杂的例子，可以从政治經济学中找到。

在我們進一步的分析中，我們可以把物体分为五类(按照它們的发展阶段)，或者更严格地說，把物质世界分为五个部分：

(1) A——无生命的非技术事物，

(2) B——有生命的非技术事物(包括单个的植物和动物，但不包括人)，

(3) C——单个的人类，

(4) D——无生命的技术事物，

(5) E——有生命的技术事物。

对上面的分类，可以举一些例子。比如：A 可以包括任何未經人类加工改变的石头，但不包括經人加工的石头或任何工具。B 可以包括未經人施予外科手术的狗、鴿子等等，但不包括經外科手术切除了大脑半球的实驗用狗。B 可以包括任何单个的植物和动物，但不包括复合的动物群或植物群。C 可以包括属于任何社会、阶級、組織、家庭的个人，但不包括任何社会、阶級、組織和家庭。D 包括任何建筑、船只、机器、武器，但它不包括任何未經人加工变形的事物(例如未經人加工的石头，即使被利用作为武器，也不能算作无生命的技术事物，只能算无生命的非技术事物)。E 包括一个从有生命机体中被分离出来的有生命的組織，比如在試驗室里被人工地保持着生命的經外科手术切除大脑半球的动物。

各种事物的质的差別，或者是各个发展阶段的差別，我們在日常生活和哲学中，特别是在馬克思主义哲学中，都是熟悉了的。但是，在无生命事物中区分技术事物和非技术事物，在有生命事物中区分技术事物和非技术事物，这种区分，則是我們通常接触較少的。这样的一种不大通常的較詳細的分类办法，对于研究控制論的基础(元控制論)的人是有用处的。在无生命非技术事物中，虽然也存在相对孤立系統(比如一块岩石晶体的折射光)，在文献中也早就指出，在无生命世界中有正反饋的例子(参閱文献 L. 3)，但

是，从控制論的角度来看，对无生命技术事物的兴趣是远远大于对无生命非技术事物的兴趣的。經驗証明，人們能够由于自己有目的的活动，賦予无生命技术事物以某些特定的性质，这些性质优越于无生命非技术事物；甚至在这某些方面，它和有生命的事物、个人和人群，也可以比美。以后我們討論到模型的建立时，还要更詳細地叙述这一点。

还須指出，上面这样对各种事物的划分，不能算是一种完善的分类法。因为，分类必須是无遺漏的，各类之間应該是互相排斥的。我們現在先不談这种划分在各类之間是否互相排斥，但是，我們可以肯定說，这种划分不是无遺漏的。

在上述 A,B,C,D,E 的每一类事物中，我們都可以发現許許多多的相对孤立系統。但是，讀者也可以同样容易地发現，很多相对孤立系統不能包括在上述五类之中。例如有一个系統，是一个人和机器构成了間接串联耦合系統（上面讲过的打字員与打字机的系統），这个系統的一部分属于 C，其余部分属于 D。这样就足以表明，上面的划分不是无遺漏的，因为現有已知的相对孤立系統并不属于上述五类中的任何一类。

为了使我們的划分更接近于理想的无遺漏的分类，让我們引进一种組合的划分方法。如果一个相对孤立系統属于 X 类，另一个属于 Y 类，則它們的串联耦合就形成 XY 类。这种新的分类法可以形成 12 个新的类别，如表 3.1.0 所示。

表 3.1.0

事物种类	A	B	C	D	E
A	AA				
B	AB	BB			
C	AC	BC	CC		
D	AD	BD	CD	DD	
E	AE	BE	CE	DE	

举点例子来說：

(1) AB——一个动物与它的无生命非技术环境的反饋耦合，

(2) BB——两个动物的反饋耦合，

(3) AC——人和他的非生命非技术环境的反饋耦合，

(4) BC——一个无鞍騎者与他的馬的串联耦合，

(5) CC——两个人的串联耦合或反饋耦合，

(6) AD——钻头和石头的串联耦合，等等。

如上表，很明显地，事物的划分就可形成 5+12=17 类。

这仍然不是无遗漏的。更多的类别（比如 XYZ）也可以形成一种新的分类（如 BCD）：一个騎者，坐在一个鞍上，鞍又在他的馬背上就是个例子。

这个問題，在这里不再詳細討論了。这一說明的目的，是引起讀者的注意，在进行相对孤立系統和事物分类的一般化推論时，也存在着若干的危险；并且使讀者在研究这些問題时小心从事。

3.2 控制論的学科内容

我們大胆地提出以下看来是合理的解說：控制論的主題內容只包括相对孤立系統，特别是輸入信息系統、輸出信息系統和信息系統（見第 2.0 节）。

这种說法，是否和"控制論是控制和通信的一般科学"这一通常的观点一致呢？可以說，或多或少地是一致的。如果給控制和通信以准确的含义，那么，在实际上它們就是一致的了。

什么是"通信"的意义呢？当然，是指传递信息。什么是"控制"的意义呢？控制就是传递信息并为了产生我們所需的变化。因此，任何控制都是通信。另一方面，任何通信也是控制，因为一切传递信息的通信，其目的至少是要得到"信息收到了"这样一个結果。

因此，通常所公认的观点可以用下列定义来代替，即控制論是通信的一般科学，而且它是关于信息輸入和輸出的可辨状态以及在某些相对孤立系統中所处理的信息的。所以，这个公认的观点还可以写成：控制論是有关輸入信息系統、輸出信息系統，特别是

信息系統的科学．这就和我們在上面所說的定义——“控制論的內容只包括相对孤立系統，特别是輸入信息系統、輸出信息系統和信息系統”——很相近似了．不过这个定义看来似乎是狭窄了一点．固然，控制論发展的历史表明，正是控制論首先自觉地运用反饋耦合的概念．但是我們要注意，并不是每一个反饋耦合都是信息耦合（我們在經济模型一章要讲到的）．我們能不能作这样的推論，控制論并不限于研究輸入信息和輸出信息的系統，而且还研究其他的相对孤立系統呢？

我以为，控制論的內容是严格地限于相对孤立系統的．但是，控制論肯定不能定义为“关于相对孤立系統的科学”，因为这样的一个定义是太寬广了（参閱文献A.1，G.7，G.10，L.2，L.3，SKL）．

人們也許会問，为什么我們不能更大胆一点，簡单地把控制論定义为“相对孤立系統的一般理論”，并且把“特别是輸入信息和輸出信息系統”这一句話去掉？从到目前为止的控制論文献来看，这句話确是对控制論的領域作了限制．但是，如果去掉了，控制論就将伸展到其它学科的領域里去了，因为相对孤立系統这个概念，不但是控制論所需要的，而且也是消去法归納邏輯和比拟邏輯这两門学科所需要的（参閱文献G.5，G.9）．

3.3 基本概念的比較詮释

让我們記着上述关于控制論学科內容和对現实事物的几个划分类别，而暂时忘却上面两章所叙述的控制論基本概念．我們可以尝試去猜測一下，什么是控制論基本概念的一般特性呢？

上面已經讲过，相对孤立系統往往是由許多种类的事物（通常是各种类事物的混合）所构成的．因此，控制論的基本概念必須具有高度的抽象性．我們可以估計到，在規定控制論的基本概念时，我們探討的直接对象，就不能是特别复杂和变化多端的具体的現实事物，而应該是經过人为地处理、理想化了的事物．

我們也可以不严格地說，控制論的內容，是有关动物、人和电話等諸如此类的东西．这个說法，就正如說几何学的內容，是有关

雕刻木头、劈石和切割金属等的事情一样．比这严格一点的說法是：控制論是用高度抽象的方法来研究在人們的神經系統和在电話綫路中通信过程中所共同的原理．正如初等几何学（或立体几何学）是研究把固体分为各个部分，这个固体是从一个近似的刚体理想化出来的，而不管这个固体是木头、石头或者是金属．

把控制論的基本概念，用于各种极不相同的事物，这种方法对于精确科学来說，并不是新奇或意外的．算术、几何和概率論等的基本概念，也具有同样的性质．計算的程序，既可以用于計算石头；也可以用于計算动物、人和社会組織．概率的計算，对于原子的蜕变、人或动物生存的机遇，或者是抽中彩票的机会等等，都是同样适用的．

3.4 相对孤立系統的理論

我們已經介紹过控制論的基本概念，并且在这門学科的学科內容上取得一致的认識——当然，这只是在非常表面和片面的意义上来說的．对于我們所使用的工具和研究对象，我們已經多少知道了一些，現在需要簡单叙述一下使用这些工具的方法（控制論的方法）以及过去做过些什么工作（控制論研究所获得的成果）．

初看起来，我們需要建立一个相对孤立系統的一般理論，正象人們所說的一个象几何学般的理論——公理系統．但是，到目前为止，这样的理論还沒有系統地形成．虽然这个理論应該是控制論的基础，房子总是要建筑在基础上的．但是我們用不着詫异，在一門学科中，基础往往是在它发展的稍后时期才能建立起来．某些数学家［例如 S. 馬儲尔 (Stanislaw Mazur) 教授、A. 科辛斯基 (Antoni Kosinski) 博士］提出反对的意見說，相对孤立系統的一般理論是值不得建立的，因为它对要包括的“强性定理”(strong theorems) 来說，是太一般化了．但是在本书中，我們不宜于深入探討这个問題．

要构成相对孤立系統的比較狭窄一点的公理形式的理論，是可能做到的．我們上面所提到的反对意見，并不适用于那些比較专門化了的理論．但是很不幸，在这里我們还列举不出多少明确

的成果. 唯一的例外,是对于进向可靠系統的 0-1 系統的理論,在这方面,人們已經做出了相当广泛的結果.

目前，显著的成就并不表現在建立控制論基础理論的精确化公式上面,而是表現在这些不大精确的基本概念的应用上面.

在这方面,控制論的应用,可以分为下列三个方法:(1)分析,(2)綜合,(3)建立模型. 下面将簡述这三个方法.

3.5 分析

对存在的相对孤立系統(如机体、机器、社会組織)的分析，是把一个給定的系統区分为它的各个組成部分，这些部分本身也是相对孤立系統，并研究那些形成一个单一对象的各个耦合系統等等.

刚才我們所說的分析方法,对生物学家、工程技术人員，甚至是社会学家或經济学家来說，这不是一項新的方法. 但是这样应用控制論的基本概念，看来将有助于任何研究工作者进行他的分析,并帮助他清楚明了地将其結果条理化.

3.6 綜合

典型的綜合方法是:

(1) 它的任务是要建立一个能满足某些特定条件的相对孤立系統.

(2) 已給定了某一定簡单程度的相对孤立系統.

(3) 用上述簡单的系統,通过耦合系統的方法,建立所要設計的系統.

(4) 有时，提出的任务已被証明是不能解答的. 那时就要寻找一个"妥协性"的解答:把任务重新描述,使它变成可以求解的. 为了达到此目的,或者是减弱初始条件,或者是增大簡单系統的給定范围.

(5) 往往求得多于一个的答案. 在这种情况下，一般是研究所有的各个答案,并选择一个最优答案(比如从成本、效率、运轉速度等观点来选择).

在实际上,負責建設工作或組織工作的人,常常是不自觉地解

决綜合的問題.

3.7 建立模型

因为"模型"这个詞具有許多不同的涵义，看来首先需要对本书所用的"模型"一詞規定定义.

假設我們已知一个給定的相对孤立系統，这个給定的系統叫做"原型". 通常地,这是一个已存在的系統,其构成相当复杂，但至少在外表上是已知的. 問題的性质，是先要决定这个系統是无生命的非技术事物,还是有生命的非技术事物;是一个人，一台机器或一个工厂;是一个社会組織或是一个国民經济系統等.

至于"模型"，那是指一个模拟于原型而构成的尽可能簡化的系統. "建立模型"就意味着設計或者实际上建成一个模型.

原型的性质,正如上面所說的，是变化很大的，可以属于不同的种类. 至于模型,如果它已超过了仅仅設計的阶段,一般都是由无生命的技术事物所构成的.

建立模型的目的也是各种各样的. 首先，它可能是为了教学的目的. 在这方面,建立模型的前途是很寬广的. 其次,是为了研究工作的目的. 如果由于某些原因,不便直接研究原型时,则需要用研究模型来代替. 相当明显,模型研究的方法,容易給我們以不大可靠的結果,但在某些条件下，作为一种研究方法，却会給我們带来极有价値的发现. 最后,建立模型有时是为了自动化的目的. 模拟那些由工人、調度員或检查員所做的工作来建立模型,常常是建設自动化系統的第一步(参閱文献 D.1，R.1，T.1).

3.8 数学和邏輯的作用

在控制論研究工作中(建立基本理論、分析、綜合、建立模型)，邏輯和数学的各个分支起着重要的作用. 其中主要的是:

(1) 数理邏輯,

(2) 抽象代数学,

(3) 泛函分析,

(4) 微分方程,

(5) 概率計算,

(6) 数理統計学，

(7) 博奕論.

邏輯所起作用是这样的重要(語句演算，网点理論，布尔代数，定量化邏輯等)，按照控制論創始人 N. 維納的意見，如果沒有数理邏輯学，控制論这門科学将完全无法产生(参閱文献 W. 2)。

在簡要述評了控制論概貌之后，以下各章的討論将集中在建立模型上面. 在建立模型的过程中，許多邏輯的或数学的理論，起着极为重要的作用. 但是，下面在討論建立模型时，将略去这些邏輯与数学理論的方面。

第四章

生物模型

4.0 引言

我們現在要討論的模型(虽然这种討論是很肤浅的)，可以分做四类：

(1) 生物模型，

(2) 行为模型 (praxiological models)，

(3) 邏輯模型，

(4) 經济模型.

上述分类，显然是不完备而且是有漏洞的．在判定模型的性質时，不可免地要作相当任意的决定．

运用机械原理、继电器、鉄淦氧体、真空管、半导体等作为基础，建立部分地和在某些方面模拟生命現象的技术系統，这是控制論研究中的一个重要分支．粗看起来，这种研究工作似乎是十分困难而又徒劳无效的，甚至近乎幻想．但是，我們应該記得，从控制論的观点看来，每一个有生命的机体都是一个相对孤立系統，它是由許多更簡单的相对孤立系統并联耦合、串联耦合、反饋耦合而組成的(参阅文献 G 1, D 1, G 8, G 10, S 3)

(1) 适应性：即一个有机体維持其近似的內部平衡（或称稳态)的能力*；

(2) 分化反应；

(3) 有目的的行动，特别是关于发現最优环境条件的行动(以及在一个变动的环境中的行动)；

(4) 学习过程，即用“尝試和錯誤”法或“条件反射”法形成习惯；

(5) 教授过程，即传授习惯給另一个个体；

(6) 繁殖（包括在一个不变的甚或扩大的范围內传递“能力”的功能).

对于上述六項，可举出如下例子．

(1) 关于适应性．在模型中，运用負反饋方法已經做到了适应性．而且，不但在模型中做到了适应性，在原型中（即动物体和人体中)也能够做到了．比如我們已經熟知，在动物体或人体中，运用反饋方法，已能做到系統中溫度的自动調节，以及在动脉中維持血压在差不多固定的水平上．

(2) 和 (3) 关于分化反应和发現最优环境条件的行动．在布利斯托(Bristol)地方的伯尔頓(Burden)脑神經研究所，G. 华尔脫(Grey Walter)博士已經建立了一些模型，它們能产生分化反应和发現最优环境条件(参閱文献 L. 3)．

(4) 关于用“尝試和錯誤”法学习．最初，原型(或模型)对給定刺激的反应，大部分是无目的性的(即无目的行动的概率很高)．但随着試驗次数的增加，就出現有目的性反应的情况，当試驗次数足够多时，有目的性反应的概率可以达到一个高的水平．

目前还存在着一种比較普遍的誤解，以为反饋作用是条件反射模型所必不可少的，其实不然．在下一节里，我們介紹一种最簡单的模型，它能模拟条件反射而不需要反饋过程．这个試驗是

---

* 适应性 (Homeostasis)，或可譯为稳态，这个名詞是 W. B. 堪农 (Cannon) 所提出的，它表示一个动物借助反饋来稳定象体溫、血液中化学浓度等生物学变量的能力．——譯者註

1952年在波兰設計出来的(参閱文献 GBM, G.3).

(5) 关于学习过程. 在以下章节中，将較为詳細地討論学习过程的一种模型. 这个模型是1957年在波兰設計的.

(6) 控制論的研究对繁殖和遺传学的有趣的間題，已經貢献出許多有价值的理論材料*. 其实,关于这方面的試驗，在控制論产生之前就已有开始. 在波兰，J. 德姆波斯基 (Jan Dembowski) 教授早在第二次世界大战前就已对这个問題发生兴趣，并对模拟动物的一般問題进行过工作(参閱文献 D.1).

4.1 最簡单的条件反射模型

我們只应用簡单的0-1系統装置，就可以建立一个模拟条件反射的模型. 这模型由最基本的0-1系統串联耦合和并联耦合組成,而不需要反饋耦合装置.

下面所介紹的例子，可能就是一个最簡单的模拟条件反射的模型了. 这个模型,由以下几个系統耦合而成:

(a) 一个选取系統,

(b) 两个合取系統,

(c) 两个重复系統(两个双重复系統),

(d) 一个延滞系統.

模型如图4.1.0所示. 整个0-1系統有两个輸入 (一个是主要輸入,一个是輔助輸入)和一个輸出. 我們現在开始在模型上进行試驗，假定在此以前,模型上还沒有进行过試驗.

試驗 I. 在瞬时 I 时:

在輔助輸入上給予刺激(即此輸入的可辨状态为1)，而在主要輸入上則沒有刺激(即此輸入的可辨状态为0),那么,这个模型的唯一的輸出将起什么反应呢?

(1) 在輔助輸入上的刺激(可辨状态为1),将被重复系統 $2{\downarrow}_2$ 重复，而且輸通 $\binom{2{\downarrow}_2}{\wedge_1}$、$\binom{2{\downarrow}_2}{\wedge_2}$ 将分別出現在合取系統 $\wedge_1$、合取系統 $\wedge_2$ 的一个輸入中.

---

* 馮·諾伊曼 (Von Neumann) 等曾經研究自繁殖机的問題，即使一台机器能够"自己"制造另一台完全相似于自己的机器.——譯者註

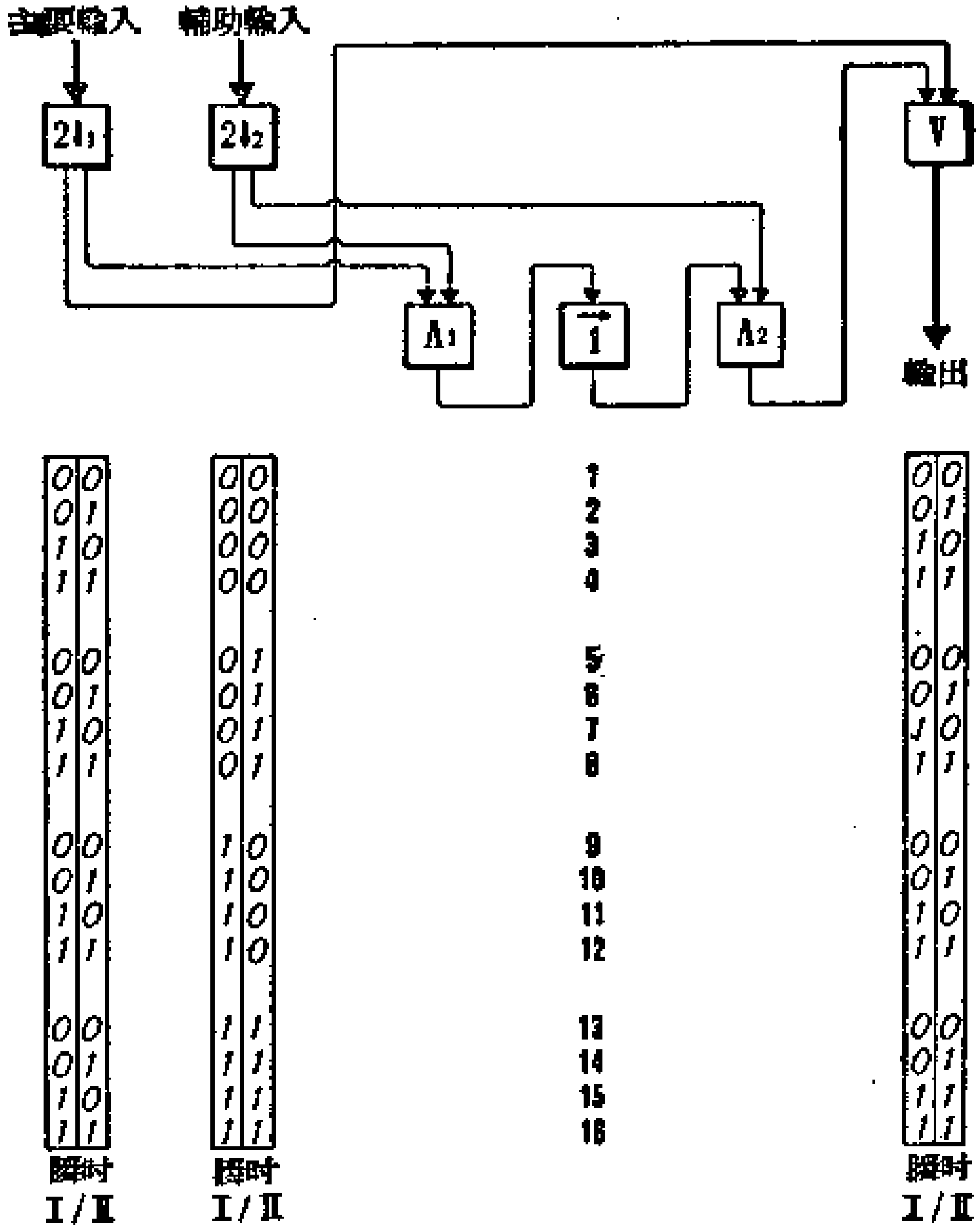


图 4.1.0 一个"学习"系統

(2) 在主要輸入上的可辨状态 0，被重复系統 $2\downarrow_1$ 所重复，輸通$\begin{pmatrix}2\downarrow_1\\ \vee\end{pmatrix}$、$\begin{pmatrix}2\downarrow_1\\ \wedge_1\end{pmatrix}$将分别出現在选取系統$\vee$的一个輸入以及合取系統 $\wedge_1$ 的第二个輸入中。

(3) 根据这个系統在此以前尚未进行过試驗的假設，在瞬时 I 之前，延滞系統 $\vec{1}$ 的輸入不存在刺激，其可辨状态不是 1。

(4) 根据(3)，在瞬間 I 时，輸通$\begin{pmatrix}\vec{1}\\ \wedge_2\end{pmatrix}$的可辨状态是 0。

(5) 根据(1)和(4)，合取系統 $\wedge_2$ 中，一个輸入的可辨状态为 1，另一个輸入的可辨状态为 0。

(6) 根据(5)，輸通$\begin{pmatrix}\diamond^2\end{pmatrix}$的可辨状态为 0。

(7) 根据(2)与(6)，选取系統的两个輸入的可辨状态均为0。

(8) 从(7)可知，这个模型的輸出的可辨状态为0。

試驗Ⅱ. 在瞬时Ⅱ时：

在模型的主要輸入上，有刺激在作用，即主要輸入的可辨状态为1，輔助輸入的可辨状态为0. 模型的唯一的輸出有什么反应？

(1) 主要輸入上的刺激(可辨状态为1)将被重复系統 $2\downarrow_1$ 所重复，輸通 $\binom{2\downarrow_1}{\vee}$、$\binom{2\downarrow_1}{\wedge_1}$ 将分别出現在选取系統 $\vee$ 和合取系統 $\wedge_1$ 的一个輸入中。

(2) 輔助輸入的可辨状态0，将被重复系統 $2\downarrow_2$ 所重复，輸通 $\binom{2\downarrow_2}{\wedge_1}$、$\binom{2\downarrow_2}{\wedge_2}$ 将分别出現在合取系統 $\wedge_1$ 的一个輸入和合取系統 $\wedge_2$ 的一个輸入中。

(3) 根据試驗Ⅰ的(1)和(2)，在瞬时Ⅰ时，延滞系統 $\vec{1}$ 的輸出的可辨状态为0。

(4) 根据(3)，延滞系統 $\vec{1}$ 的輸出的可辨状态，即輸通 $\binom{\vec{1}}{\wedge_2}$，在瞬时Ⅱ时为0。

(5) 从(2)和(4)可知，合取系統 $\wedge_2$ 的两个輸入的可辨状态都是0。

(6) 根据(5)，輸通 $(\Diamond^2)$ 的可辨状态也是0。

(7) 根据(1)与(6)，选取系統 $\vee$ 的一个輸入为1，另一个輸入为0。

(8) 从(7)可知，模型的輸出的可辨状态为1。

試驗Ⅰ和試驗Ⅱ的結果，可表列如下：

表 4.1.1

輸入		輸出
主要的	輔助的	
0	1	0
1	0	1

从上述試驗，我們可以看到，模型的輸出对主要輸入上的刺激

是有反应的，而对輔助輸入上的刺激則不发生反应．但是我們不能停止在这里，我們还要继續进行研究．

試驗Ⅲ．在瞬时Ⅲ时：

这次，在主要輸入和輔助輸入上，都有刺激在作用，即两个輸入的可辨状态都是 1．

(1) 主要輸入的刺激，将被重复系統 $2\downarrow_1$ 所重复，輸通 $\binom{2\downarrow_1}{\vee}$、$\binom{2\downarrow_1}{\wedge_1}$ 的可辨状态均为 1，分别出現在选取系統 $\vee$ 的一个輸入和合取系統 $\wedge_1$ 的一个輸入中．

(2) 輔助輸入的刺激，被重复系統 $2\downarrow_2$ 所重复，輸通 $\binom{2\downarrow_2}{\wedge_1}$、$\binom{2\downarrow_2}{\wedge_2}$ 的可辨状态均为 1，分别出現在合取系統 $\wedge_1$ 的第二个輸入与合取系統 $\wedge_2$ 的一个輸入中．

(3) 从試驗Ⅱ的(1)和(2)，延滞系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸入，在瞬时Ⅱ时为 0．

(4) 根据(3)，在瞬时Ⅲ时，延滞系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸出的可辨状态，即輸通 $\binom{\overrightarrow{1}}{\wedge_2}$ 的可辨状态为 0．

(5) 根据(2)和(4)，合取系統 $\wedge_2$ 的一个輸入的可辨状态为 1，另一个輸入的可辨状态为 0．

(6) 根据(5)，輸通 $\binom{\wedge_2}{\vee}$ 的可辨状态为 0．

(7) 根据(1)与(6)，选取系統 $\vee$ 的一个輸入的可辨状态为 1，另一輸入的可辨状态为 0．

(8) 从(7)可知，模型的輸出的可辨状态为 1．

在这次試驗中，主要輸入和輔助輸入都有刺激作用，我們在輸出端观察它的結果．让我們再做一个試驗，这个試驗，从表面看来，似乎只是試驗Ⅰ的重复．

試驗Ⅳ．在瞬时Ⅳ时：

这次試驗中，在輔助輸入上有刺激(即輔助輸入的可辨状态为 1)，在主要輸入上无刺激作用(即主要輸入的可辨状态为 0)．

(1) 輔助輸入的刺激，将被重复系統 $2\downarrow_2$ 所重复，輸通 $\binom{2\downarrow_2}{\wedge_1}$、

$\binom{2\downarrow_2}{\wedge_2}$的可辨状态均为1，分别出現在合取系統 $\wedge_1$ 和 $\wedge_2$ 的一个輸入中。

(2) 主要輸入的可辨状态为0，将被重复系統 $2\downarrow_1$ 所重复，輸通$\binom{2\downarrow_1}{\vee}$、$\binom{2\downarrow_1}{\wedge_1}$的可辨状态为0，分别出現在选取系統 $\vee$ 的一个輸入和合取系統 $\wedge_1$ 的第二个輸入中。

(3) 从試驗Ⅲ的(1)和(2)，在瞬时Ⅲ时，延滞系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸入，即輸通$\binom{\wedge_1}{\overrightarrow{1}}$的可辨状态为1。

(4) 根据(3)，在瞬时Ⅳ时，延滞系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸出的可辨状态，即輸通$\binom{\overrightarrow{1}}{\wedge_2}$的可辨状态为1。

(5) 从(1)与(4)可知，合取系統 $\wedge_2$ 的两个輸入状态均为1。

(6) 根据(5)，輸通$\binom{\wedge_2}{\vee}$的可辨状态为1。

(7) 根据(2)和(6)，选取系統 $\vee$ 的一个輸入的可辨状态为0，另一輸入的可辨状态为1。

(8) 从(7)可知，选取系統 $\vee$ 的輸出——即模型的輸出，其可辨状态为1。

这次試驗的結果，恰恰与試驗Ⅰ的相反：当輸入的可辨状态为主要輸入0、輔助輸入1的时候，模型的輸出状态为1。

这四次試驗的結果，綜合起来，可表列如下：

表 4.1.2

瞬　　时	輸入的可辨状态		輸出的可辨状态
	主要輸入	輔助輸入	
Ⅰ	0	1	0
Ⅱ	1	0	1
Ⅲ	1	1	1
Ⅳ	0	1	1

仔細分析模型的图解或者这四次試驗，甚至只分析表 4.1.2 的結果，我們就可以知道，这个模型的試驗結果，不仅取决于在給定瞬間时的两个輸入的状态，而且也取决于在給定瞬間前两个輸

入的状态。

这个模型是和著名的巴甫洛夫試驗相类似的。我們也許可以不嫌麻煩地解释一下，主要輸入的可辨状态1，就相当于食物的气味和样子；輔助輸入的可辨状态1，就相当于打鈴；而輸出的可辨状态1則相当于狗的唾液的增加。

图4.1.0这个“学习”模型，可以說既是一个“天才”，又是一个“低能儿”。說它是天才，是因为在主要輸入和輔助輸入上，只要有一次相符合的刺激存在(如試驗Ⅳ的情况)，就足以形成一个条件反射。說它是“低能儿”，是因为它的条件反射只可能在紧接着一次訓练之后才能发生，它“学习”得固然容易，“忘記”得也很容易。

当然，上述四次試驗，并不能包括两个輸入在两个接連瞬間的各种状态的組合。这样的組合，很明显地，应該有16个。图4.1.0的下面，就列出了这两个輸入在两个接連瞬間的各种状态，以及輸出的相应的状态。

4.2 討論

对于上述模拟条件反射的极为簡单的模型，可能会引起一些反对的意見。在其中，最主要的是：

(1) 就目前所知，还沒有一种机体能够象这个模型那样快地学会和那样快地忘記掉的。

(2) 在訓练时，輔助輸入上的刺激，应該在主要輸入的刺激之前发生，因为这是在实际訓练动物时的顺序。

(3) 这个模型沒有对刺激的分化作用。而一头狗在实驗中可以做到这一点。当食物的气味和画一个圆圈这件事情一經联結起来，那么，只要画一个椭圆，它也会增加涎液。

所有这些疑問，肯定都是可以解答的。目前，即使是用只包括有0-1元素的系統，我們也可以毫不困难地建立一个更复杂的模型，这个模型能够使上述反对意見全都不能成立。

設計这样一个“能学习”的0-1模型，即使是极为复杂的模型，在现在，也不需要有什么技术上的机巧才能了。因为这种設計上的机巧才能完全可以用代数和邏輯計算所代替（过去有人认为数

理邏輯是无用的、不能应用于任何实际用途，我們在这里可以知道，这种看法是錯的)。

9 但是，反对者会說，即使你把模型改进了，也还不能满足条件反射的要求。因为这种模型是一个可靠系統，而实驗生理学試驗的結果使我們相信，条件反射常常是具有概率性质的，因此，它的模型应該是个不可靠系統。

我們的回答是——这样的一个系統，也是能够建立起来的。例如，在几年之前，S. 曼沙斯基(Stefan Manczarski)教授(华沙)就已經建立了一个模拟条件反射的概率性模型。

但是，反对者也許仍然不能信服。虽然他不是一个活力論者，但是他仍然认为，我們是沒有可能建立条件反射的模型的。因为这些模型，都是用无生命的事物构成的，而条件反射的原型，都是有生命的事物。两者之間，有着本质的差异，因此我們不可能建立或改进模拟条件反射的模型。

对于这个意見，我們的回答是：

目的性也是一种相对的属性。任何行为，都具有要求达到(或是要求不达到)某些結果的目的。在模拟条件反射时，我們是为了下面的目的：

(1) 教学的目的。

(2) 专門的知識論的目的*。在上面我們已經强調指出模型对教学目的之毫无疑問的价值，也指出了它在知識論方面尙不能肯定的价值。除此以外，就加不上什么观点了。

(3) 技术上的目的(自动化)。关于模型在建立自动化系統的准备阶段中的作用，我們在上面已經讲过。这里还可以加上一点：对条件反射的模拟，可能引入自动化(也許还可以叫做超自动化)的一个新概念，即我們可能建立这样一种装置，它能够控制操纵机器，而且它能够自我調节使适应于这个机器的各种性能(即使这个性能变化是瞬时的)。当然，实現这个設想，可能是在較远的将来的事情。

* 知識論，即关于知識的源泉、性质及其效用的討論。——譯者註

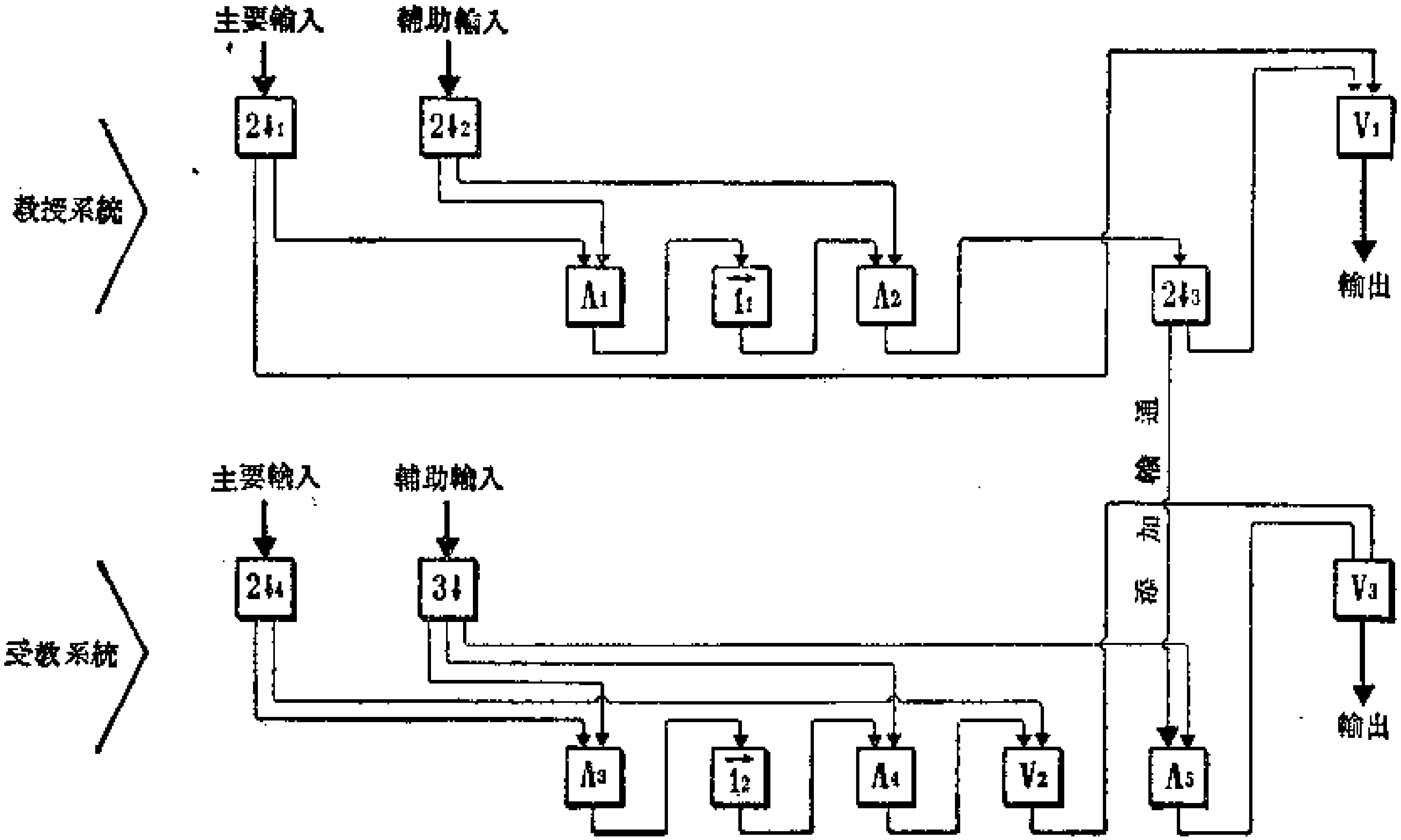


图 4.3.0 由另一系統教授的学习系統

把重复系統$2\downarrow_2$取去，代替以三重重复系統$3\downarrow$(見图4.3.0下半部)，并且加上一个合取系統$\wedge_5$和一个选取系統$\vee_3$，即：

(a) 建立一个輸通$\begin{pmatrix}3\downarrow \\ \wedge_5\end{pmatrix}$，

(b) 建立两个輸通$\begin{pmatrix}\vee_2 \\ \vee_3\end{pmatrix}$，$\begin{pmatrix}\Diamond_5 \\ \vee_3\end{pmatrix}$.

这样，我們就得到一个新系統(图4.3.0的下半部)，它除了两个原有的輸入外(原有的主要輸入和輔助輸入)，还加上了第三个輸入，即合取系統$\wedge_5$的輸入．这个新系統叫做"受教系統"．这个新的輸入就是受教系統的通信感受器．我們也很容易地証明，这样的一个"外科手术"，并沒有取去这个系統形成条件反射的能力，并且还使它获得了有可能"从外面接受信号"的能力．

(4) 我們把教授系統和受教系統两者串联耦合起来，建立輸通$\begin{pmatrix}2\downarrow_3 \\ \wedge_5\end{pmatrix}$.

让我們来看一看，这样的一个相当复杂的"装配"手續产生什么結果？这个模型，能够符合本节开始时我們所提出的条件嗎？它能模拟上述一对动物的耦合作用嗎？

假如在瞬时Ⅰ时，延滞系統$\vec{1}_1$的輸入和延滞系統$\vec{1}_2$的輸入，其可辨状态都是0．很明显地，在这种条件下，教授系統在瞬时Ⅰ时的主要輸入、輔助輸入，其可辨状态都是1．这样，就足以使在瞬时Ⅱ时，教授系統和受教系統的輔助輸入的可辨状态均为1．为此，在瞬时Ⅱ时，教授系統和受教系統的輸出状态也都是1．我們可以不大严格而比較形象化地說，对教授系統的訓练，已足以使受教系統在自己未受訓练的情况下，能够形成一种条件反射的征象．

我們也值得分析一下，这个模型(教授系統与受教系統串联耦合)的四个輸入(两个主要的、两个輔助的)，在两个相接瞬間，它們的可辨状态可能有什么样的組合．在下面，我們将限于对受教系統輸出的反应进行分析(請讀者参閱表4.3.1)．

在一个瞬間，四个輸入中的每一个輸入，都只能出現两种可辨状态之一，即：不是0，就是1．因而在两个相接的瞬間，每一个輸

受教系統

教授系統 輔助輸入	教授系統 主要輸入	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11
輔助輸入 →		00				01				10				11			
00	00	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	01	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	10	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
01	00	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	01	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	10	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
10	00	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	01	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	10	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
11	00	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	01	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	[illegible]	11
	10	00	01	10	11	[illegible]	01	[illegible]	11	00	01	10	11	[illegible]	01	[illegible]	11
	11	00	01	10	11	[illegible]	01	[illegible]	11	00	01	10	11	[illegible]	01	[illegible]	11

在每两个一組的数字中，左面的数字表示瞬时Ⅰ的可辨状态，右面的数字表示瞬时Ⅱ的可辨状态

表 4.3.1 在瞬时Ⅰ与Ⅱ时，受教系統輸出的可辨状态

入只能出現下列四种可辨状态之一，即 00，01，10，11.

据上所述，在两个相接瞬間，每一对輸入(两个輸入)的可能組合有4×4=16个．四个輸入的可能組合則有16×16=256个．表4.3.1中有256个方格，每方格中左面的数字(0或1)，表示受教系統在瞬間Ⅰ时的輸出可辨状态；每方格中右面的数字(0或1)，則表示受教系統在瞬間Ⅱ时的輸出可辨状态．在这256个方格中，都分别塡滿着四种組合状态之一(即，分别塡着00，01，10，11)．如果在表中，整列从頂上到底下都出現同一組的数字組合，則表示教授系統的輸入状态幷不影响受教系統的輸出状态；受教系統的輸出，只受受教系統本身的主要輸入和輔助輸入所决定．在表里的16列中，有13列是表現了这种一致性的．还有3列，不是从頂上到底下都是一个数字組合，对这3列我們特別感到兴趣．因为这3

列中的不同数字組合，表示了教授系統对受教系統的影响．这 3 列中的值得注意的輸出状态，是和受教系統的下列輸入状态相对应的，即：

受教系統的輸入 $\begin{cases} \text{主要輸入：} 00,10,00, \\ \text{輔助輸入：} 01,01,11. \end{cases}$

在表 4.3.1 中，从左面数起，第 5、7、13 列中，各有两个数字表示着上述情况，即：由于教授系統对受教系統的作用，受教系統的輸出发生条件反射．这六个数字 1 的下面，我們打了两条横綫作为标志．讀者还可以注意，在第 15 列，当受教系統的主要輸入状态为 10，輔助輸入的状态为 11 时，无論教授系統的輸入状态如何，受教系統也都出現了条件反射現象，在这一列的右方数字 1 下面，我們打了一个横綫来标志．

讀者可以按照以前所学会的步驟，根据表 4.3.1 上所列的教授系統輸入状态和受教系統輸入状态的各个組合，逐一核对表中 256 格內所塡列的受教系統輸出状态的組合数字（請参閱文献 G. 8）．

4.4 結語

看来，需要在这里再說明几点：

(1) 要模拟一对动物，其間形成相互教学过程或彼此相互传递經驗的过程（上图 4.3.0 的模型，只是单方面教、单方面学的过程），这是并不困难的．对于这个要求，我們只要建立一对系統，每一个系統既是教授系統，又是受教系統．同时，这一对系統是反饋耦合的，而不是象上述簡单例子那样串联耦合．那样，就可以模拟这种互教互学的过程了．

(2) 我們也完全可能建立这样一种模型，它在經过一定时期訓练后，能够永远获得給定的一种条件反射的能力．由于我們对这名詞还沒有确定准确的定义（本书篇幅和范围的限制，使我們沒有做到这一点），因而我們在这里还难以肯定：在这样的系統中，已获得的条件反射能力是否已經变成为一种非条件反射了．这种系統，必須是自我耦合（第2.11节）的．

(3) 条件反射的概念(可以称它为时間函数)，是可以从一个生物学的概念变成一个控制論的概念的．这样的概括，可以給我們揭示出：条件反射不仅在 B,C 和 E 类事物中存在(参閱第 3.1 节)，而且可以在事物的极高度的組織形式——如人类社会組織——中发現．看来，这是值得将来进一步探討的极有希望的課題．

第五章

行为模型

5.0 引言

行为模型是指那些表明行为者(个别的或集体的)与其环境間的相互作用的模型，或者是表明各个行为者之間的相互作用的模型(或这些行为者单方面行为的模型). 控制論的概念，在建立行为模型时是很有用的，其中最有价值的是間接串联耦合的概念，以及特别是間接反饋耦合的概念.

在表示这种系統及其耦合的图解方法中，将要增添下列新的符号：

(1) R——(或 $R_1, R_2, \cdots$)——感受器，

(2) E——(或 $E_1, E_2, \cdots$)——效应器，

(3) N——(或 $N_1, N_2, \cdots$)——中枢神經系統，

(4) IR——观察工具(見 5.1 节)，

(5) IE——执行工具(見 5.1 节)，

(6) IN——智慧工具(見 5.1 节)，

(7) Obi——行动的对象.

本章中的图解，将强調"記忆"在构成系統 N 当中的作用，并証明中枢神經系統 N 常常是自我耦合系統(参閱文献 BGS, K.1).

5.1 行为者和行动对象

当我們通过效应器对一个对象采取行动时(在模型里，是通过一个效应器，在实际生活中，是通过一大套的許多效应器)，我們要随时經由感受器接收关于这个对象的信息(在模型里是通过一个感受器，在实际生活中是通过一大套的許多感受器). 例如，我們要把一个螺絲帽擰进一个螺絲釘里，我們用手指一边擰螺帽，一边用眼睛观察自己的行动. 动物和人都是这样做的. 因此，行为者

和行动对象相連的一般模型，可以用两个系統(行为者、行动对象)的間接反饋耦合，而构成一相对孤立系統。或者是用四个系統(R, N, E, Obi)来构成。这四个系統用輸通$\begin{pmatrix}R\\N\end{pmatrix}$,$\begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix}$,$\begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}$,$\begin{pmatrix}Obi\\R\end{pmatrix}$来耦合；如果行动对象是被动的，則$\begin{pmatrix}Obi\\R\end{pmatrix}$就是对系統 R 的信息輸入。

四个系統中的每一个系統，不但在串联耦合中都有輸入和輸出，而且也有从模型以外来的輸入和到模型以外去的輸出。这就指明在模型中的各个系統的行动之不可靠性(系統 R 所传遞的信息之不可靠，系統 N 所作决定之不可靠，系統 E 所作行动之不可靠)；而且在系統 Obi 中，也有产生不可預見的行为的可能性。

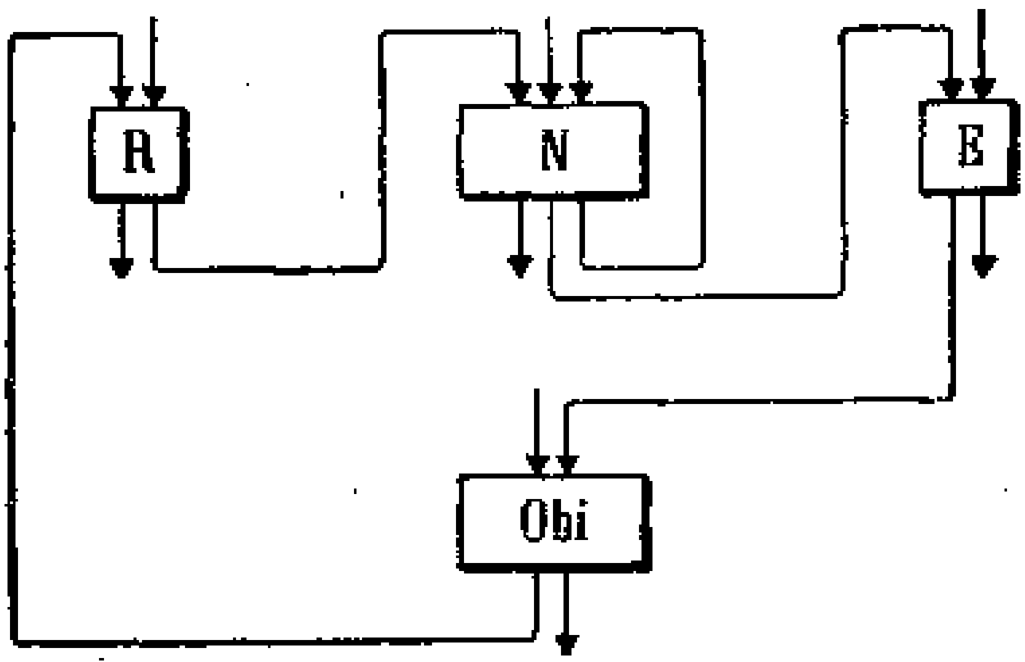


图 5.1.0 人或动物

如我們上面所述，图 5.1.0 的模型，对人和动物都是适用的．但是，对于人来說，即令是对于原始人来說，这个模型也过于簡化了，因为它忽略了人类行为的两个不可缺乏的因素：工具和語言．在以后各节，我們将叙述考虑到各类工具的模型，而且还将提綱挈領地討論考虑到語言在人类行为中的作用的模型．

在这个极其概略的分析中，工具分为三类：(1)**执行工具**，(2)**观察工具**，(3)**智慧工具**．

执行工具是这样一种工具，它能代替或扩大一个效应器的作用，或者使这个效应器的完成某預定行动成为可能．

观察工具是这样一种工具，它能代替或扩大一个感受器的作用，或者使这个感受器的完成某預定行动成为可能．

智慧工具是这样一种工具，它能代替或扩大一个中枢神經系統的作用，或者使这个中枢神經系統的完成某預定行动成为可能．

上面所列举的三种工具的次序，看来大体上和它在人类历史上发展的次序是一致的．我們在以后討論更加发展了的行为模型时，也将按照这样的次序来排列(参閱文献 BGS)．

5.2 不能調节的执行工具

大家都熟知，把一枚釘子釘到木板里去，不是用拳头，而是要用鎚子．要把一大块烤肉弄碎，不是用手和牙齿，而是要用叉子把它按住，用刀子把它切开．鎚子、叉子、刀子等，在这里都是能够扩大某些效应器的不能調节的执行工具．图 5.2.0 表示一个最簡单的不能調节的执行工具的模型．和前节图 5.1.0 的系統比較，这个模型增加了間接串联耦合的数目，并且用輸通$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E}$，$\binom{E}{IE}$，$\binom{IE}{Obi}$，$\binom{Obi}{R}$构成一个間接反饋耦合．

在这个模型的各个系統的輸入、輸出中，必須考虑那些不包括在耦合之内的輸入和輸出，即那些从模型外面来的輸入和到外面去的輸出．特別是从模型外到 IE 系統来的輸入(它表示行动的不可靠性的新的来源)，以及从 IE 系統到模型外去的輸出(它表示行为者所未預料的其它副作用的可能性)．需要着重說明，从模型外到 IE 系統的輸入，也可能是一个动力源，比如当 IE 系統是一个电动机时，它就是电源．

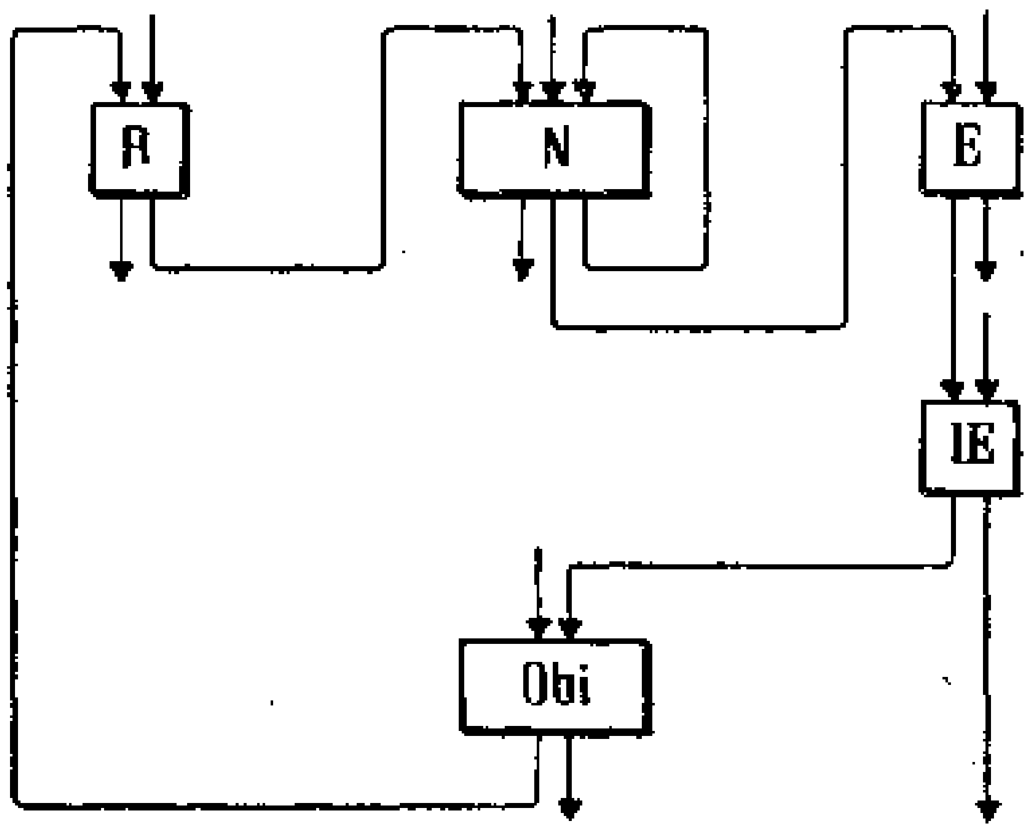


图 5.2.0 运用一个不能調节的执行工具的人

用矩陣法来表明系統的耦合，这个方法，已在第 2.13 节中介紹过。当有許多个系統耦合时，矩陣法是特别有用的，因为在这种条件下，图解法(第 2.1 节)差不多完全无法使用。我們現在所討論的图 5.2.0 的模型，只是由 R, N, E, IE, Obi 五个系統构成，是不难用图解法表示的。但是为了教学上的理由，这里还是用矩陣法来表示。讀者还可以把图 5.2.0 和表 5.2.1 矩陣，对照起来看。

表 5.2.1

輸　　入	輸出						輸出总計
	模型外	R	N	E	IE	Obi	
模型外	•	1	1	1	1	1	5
R	1	0	0	0	0	1	2
N	1	1	1	0	0	0	3
E	1	0	1	0	0	0	2
IE	1	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	0	1	0	2
輸入总計	5	2	3	2	2	2	16

5.3 可調节的执行工具

如果执行工具能够調节，例如一个活动扳鉗，則耦合的网絡就变得更加复杂(和上节的模型相比)。因为，在这种情况下，必須考虑一个新的用以調节工具的效应器 E_2，以及一个新的用以控制工具的調节的感受器 R_2。这种模型（見图 5.3.0）包括下列反饋回路：

(1) 我們已經熟悉的最短的回路：中枢神經系統的自我耦合 $\binom{N}{N}$；

(2) 我們已經知道的回路：

$$\binom{R_1}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R_1};$$

(3) 更加复杂的新回路：

$$\binom{R_1}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{R_2},$$

$$\binom{R_2}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R_1}.$$

这里需要举一个例子，帮助讀者把这些反饋和他在日常生活中已熟知的事实联系起来，以較易获得理解．在这个例子里，模型中的各个系統的作用是：

(1) Obi——螺帽，

(2) R_1——注視螺帽的眼睛，

(3) R_2——注視活动扳鉗的眼睛，

(4) N——中枢神經系統，

(5) E_1——拿着活动扳鉗的手，

(6) E_2——調节活动扳鉗的手指，

(7) IE——活动扳鉗．

上述回路(3)的作用是：

$\binom{Obi}{R_1}$, $\binom{R_1}{N}$ } 观察尚未擰进去的螺帽，

$\binom{N}{E_2}$, $\binom{E_2}{IE}$ } 調节活动扳鉗，夹紧螺帽，

$\binom{IE}{R_2}$, $\binom{R_2}{N}$ } 观察活动扳鉗的調节，是否夹紧了螺帽，

$\binom{N}{E_1}$, $\binom{E_1}{IE}$ } 用手旋轉活动扳鉗，

$\binom{IE}{Obi}$ ——活动扳鉗使螺帽旋入螺釘，

$\binom{Obi}{R_1}$, $\binom{R_1}{N}$ } 观察螺帽的正在旋入或已經旋入．

表 5.3.1 列出这个模型的耦合矩陣。

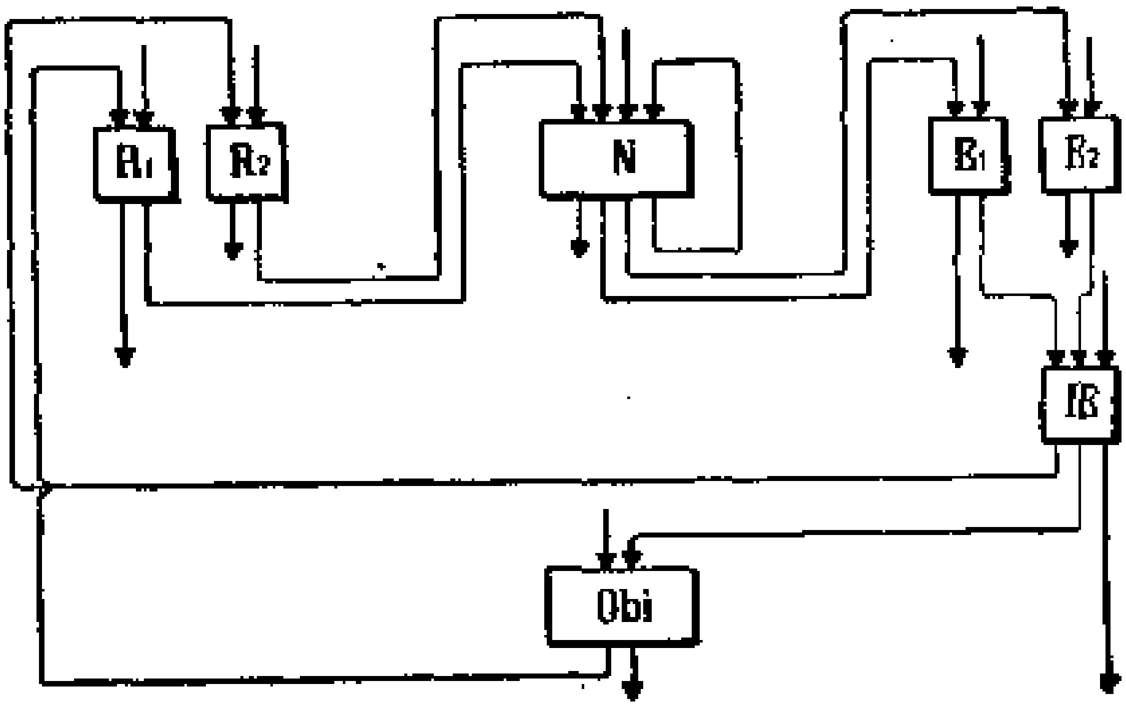


图 5.3.0 运用一个可調节的执行工具的人

表 5.3.1

輸入	輸出								輸出总計
	模型外	R_1	R_2	N	E_1	E_2	IE	Obi	
模型外	•	1	1	1	1	1	1	1	7
R_1	1	0	0	0	0	0	0	1	2
R_2	1	0	0	0	0	0	1	0	2
N	1	1	1	1	0	0	0	0	4
E_1	1	0	0	1	0	0	0	0	2
E_2	1	0	0	1	0	0	0	0	2
IE	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Obi	1	0	0	0	0	0	1	0	2
輸入总計	7	2	2	4	2	2	3	2	24

5.4 执行工具和一个代用效应器的耦合

假設我跌断了一条腿，它不能支持我的体重了，那就只有靠 T 字形拐杖来走路。在这种情况下，某些效应器必须由一个执行效应器(T 字杖)所取代。假設我的腿接好了，走路虽然有些困难，但不必用 T 字拐杖了，而还需要依賴一根手杖。这时，在恢复了的腿上的各效应器，已經能够工作，但还需要由手上的代用效应器来

帮助，并通过和它耦合的执行工具(手杖)来动作。

这个模型，見图 5.4.0.

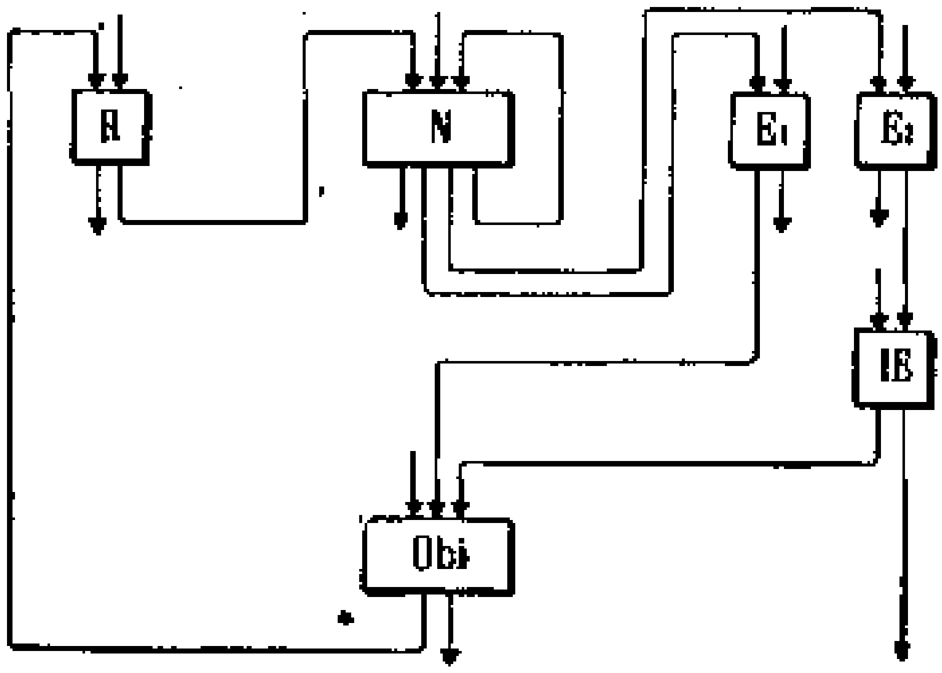


图 5.4.0 运用一不能調节的执行工具与代用效应器耦合的人

它由六个基本系統构成：R, N, E_1, E_2, IE, Obi.

我們要注意以下的反饋耦合：

(1) 中枢神經系統的自我耦合：

$$\binom{N}{N},$$

(2) 由四个輸通所构成的耦合：

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

(3) 由五个輸通所构成的耦合：

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

(4) 由七个輸通所构成的耦合：

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R}.$$

为便于理解，有必要帮助讀者把反饋(2)，(3)，(4)項和日常生活經驗連系起来。假設各个基本系統起如下作用：

(1) Obi——我正在走的道路，

(2) R——触觉和視觉的感受器(給我以走路的信息的)，

(3) N——我的中枢神經系統，

(4) E_1——我的新恢复的腿的各效应器，

(5) E_2——我拿着手杖的手上的各效应器，

(6) IE——我所依賴的手杖。

反馈$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E_1}$，$\binom{E_1}{Obi}$，$\binom{Obi}{R}$或反馈$\binom{Obi}{R}$，$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E_1}$，$\binom{E_1}{Obi}$在上述情况下，可表示：因为我新恢复的腿感觉得痛，所以我开始踮着脚走路。

反馈$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E_2}$，$\binom{E_2}{IE}$，$\binom{IE}{Obi}$，$\binom{Obi}{R}$或反馈$\binom{Obi}{R}$，$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E_2}$，$\binom{E_2}{IE}$，$\binom{IE}{Obi}$可以解释为：我的手杖，因为和路面不垂直，滑了一下；我当即调整了手杖的位置，现在，我感觉手杖能立在路面上了，我能够安全地扶着它了。

反馈：

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

或反馈：

$$\binom{Obi}{R},\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},$$

$$\binom{Obi}{R},\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi}.$$

这两个回路作用更复杂，可用下列例子解释：我感到新恢复的脚后跟很痛，所以我小心地踮起脚来站着，我感到这条腿向前滑动，因此赶紧把手杖伸出来，用力地扶着它，它使我避免滑倒。

反馈(4)也可以表示为：

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

$$\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{R},$$

或并不改变彼此的循环次序而写为：

$$\binom{Obi}{R},\binom{R}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IE},\binom{IE}{Obi},$$

$$\binom{Obi}{R},\binom{R}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi}.$$

这个回路可以用下面这个例子解释：我觉得路不那么滑了，所以我扶手杖的力量放轻了一些，我把体重牢牢地放在新恢复的腿上，并且重新取得了身体的平衡。

这个模型的 0-1 耦合矩陣，列于表 5.4.1 中。

表 5.4.1

輸入	輸出							輸出总計
	模型外	R	N	E_1	E_2	IE	Obi	
模型外	•	1	1	1	1	1	1	6
R	1	0	0	0	0	0	1	2
N	1	1	1	0	0	0	0	3
E_1	1	0	1	0	0	0	0	2
E_2	1	0	1	0	0	0	0	2
IE	1	0	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	1	0	1	0	3
輸入总計	6	2	4	2	2	2	2	20

5.5 不能調节的观察工具

一个远視的人，想要看离他太近的对象，他通常需要戴上合适的眼鏡。一个近視的人，想要看离他太远的对象，他也需要戴上近視眼鏡。眼鏡可以算是一个能扩大感受器作用的、不能調节的观察工具。这是这一类相对孤立系統的好例子。

图 5.5.0 所示的模型，比我們已熟悉的图 5.1.0 的模型复杂一些。在图 5.5.0 的模型里，有一个自我耦合和一个反饋耦合。反饋耦合是由下列輸通构成的：$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E}$，$\binom{E}{Obi}$，$\binom{Obi}{IR}$，$\binom{IR}{R}$。

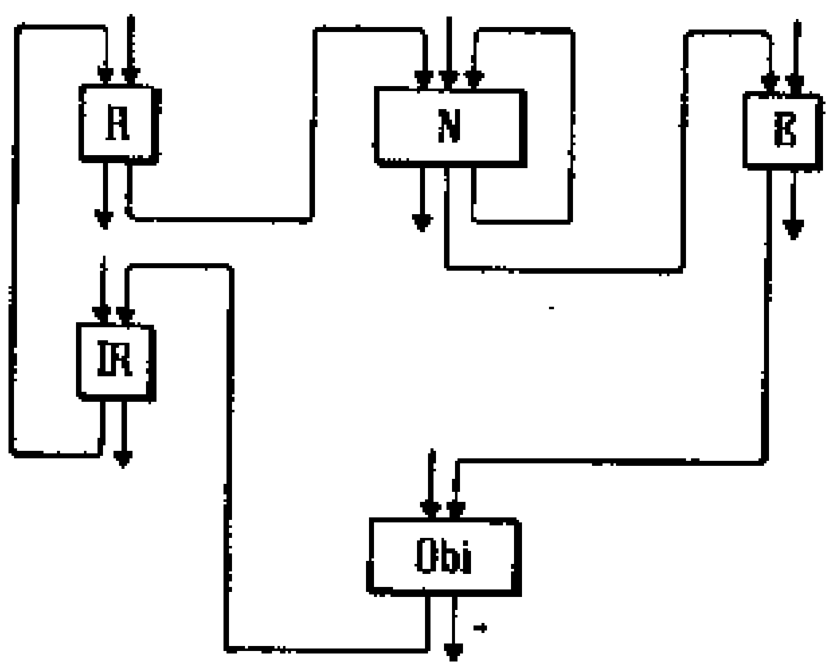


图 5.5.0 运用一个不能調节的观察工具的人

我們注意到，在組成模型的五个基本系統（包括系統 IR）中，每一个系統都有一个輸入和一个輸出是不包括在模型的内部耦合之中的。IR 系統的这个外来輸入，表示关于 Obi 系統的信息，通过 IR 到达 R 系統时，可能在 IR 内被歪曲（比如当眼鏡的

玻璃模糊时就会这样). IR 系統的到模型外去的輸出,表示除了传递信息給 R 的作用以外, IR 系統也可能产生一些多余的副作用(比如,眼鏡可能擦破了耳背).

这个模型的耦合矩陣,列于表 5.5.1:

表 5.5.1

輸入	輸出						輸出总計
	模型外	IR	R	N	E	Obi	
模型外	·	1	1	1	1	1	5
IR	1	0	0	0	0	1	2
R	1	1	0	0	0	0	2
N	1	0	1	1	0	0	3
E	1	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	0	1	0	2
輸入总計	5	2	2	3	2	2	16

5.6 可調节的观察工具

显微鏡和望远鏡是扩大感受器作用的可調节工具的好例子. 这种可調节观察工具所构成的模型, 要比第 5.5 节所叙述的模型复杂,而和第 5.3 节所叙述的可調节执行工具所构成的模型有一定的相似. 图 5.6.0 就是这种模型.它是由七个系統組成的: IR, R_1, R_2, N, E_1, E_2, Obi.

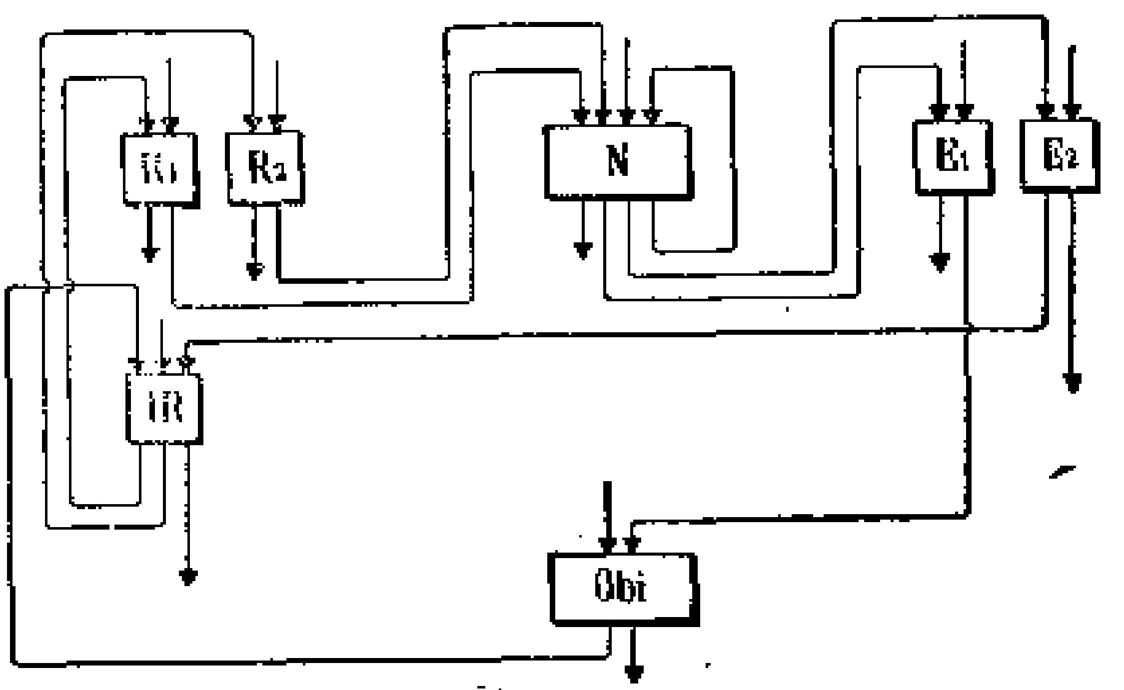


图 5.6.0 运用一可調节的观察工具的人

这个模型的各个反饋耦合是：

(1) 中枢神經系統的自我耦合：

$$\binom{N}{N};$$

(2) 上节(图 5.5.0) 已經讲过的回路：

$$\binom{R_1}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{IR},\binom{IR}{R_1};$$

(3) 更复杂一点的回路：

$$\binom{R_1}{N},\binom{N}{E_2},\binom{E_2}{IR},\binom{IR}{R_2},$$

$$\binom{R_2}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},\binom{Obi}{IR},\binom{IR}{R_1}.$$

当然，上述反饋(3)也可以写成另外一个样子，只要从另一个輸通开头，不改动它們的次序，例如改写为：

$$\binom{Obi}{IR},\binom{IR}{R_1},\binom{R_1}{N},\binom{N}{E_2},$$

$$\binom{E_2}{IR},\binom{IR}{R_2},\binom{R_2}{N},\binom{N}{E_1},\binom{E_1}{Obi},$$

这和上面所写的在实质上是一致的。

我們可以用一个生活中的例子来說明上述反饋(3)的各个回路。

假設图 5.6.0 模型中各个系統的作用是：

(1) Obi——我正在爬的山峰和山路，

(2) IR——野外双筒望远鏡，

(3) R_1——我的眼睛(其中有一組視觉感受器)，

(4) R_2——触觉感受器(我的手指)，是用以調节双筒望远鏡的。

(5) N——我的中枢神經系統，

(6) E_1——我的双腿(包括一組效应器)，

(7) E_2——我的手指上的效应器(調节双筒望远鏡的)。

这个回路的功能是：

$\binom{Obi}{IR}$
$\binom{IR}{R_1}$ } 远望山和山路,
$\binom{R_1}{N}$

$\binom{N}{E_2}$
$\binom{E_2}{IR}$ } 我的手指調节望远鏡,

$\binom{IR}{R_2}$
$\binom{R_2}{N}$ } 差不多同时,我已感觉到我的手指在調节望远鏡,

$\binom{N}{E_1}$
$\binom{E_1}{Obi}$ } 我現在已經更好地看見山和山路了,我开始向前走.

这个模型的耦合矩陣,見表 5.6.1:

表 5.6.1

輸入	輸出								輸出总計
	模型外	IR	R_1	R_2	N	E_1	E_2	Obi	
模型外	•	1	1	1	1	1	1	1	7
IR	1	0	0	0	0	0	1	1	3
R_1	1	1	0	0	0	0	0	0	2
R_2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
N	1	0	1	1	1	0	0	0	4
E_1	1	0	0	0	1	0	0	0	2
E_2	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Obi	1	0	0	0	0	1	0	0	2
輸入总計	7	3	2	2	4	2	2	2	24

5.7 观察工具和一个代用感受器的耦合

假如要試容器中热水的溫度,我可以把溫度計放在水箱里,看

看温度計上的讀数，而不采取用手指探进去感受一下的方法，因为那会带来烫伤手的危险。但是，也会有比較复杂一点的情况：我先用手指探进去試水温，发現这个办法不合适，因此我就看看浸在水里的温度計，然后操纵水龙头，以調节水温到一定的水平。这种比較复杂的情况，可以用图 5.7.0 的模型来表示。很明显地，这个模型在某些方面和第 5.4 节（执行工具和代用效应器耦合）的模型是相类似的。

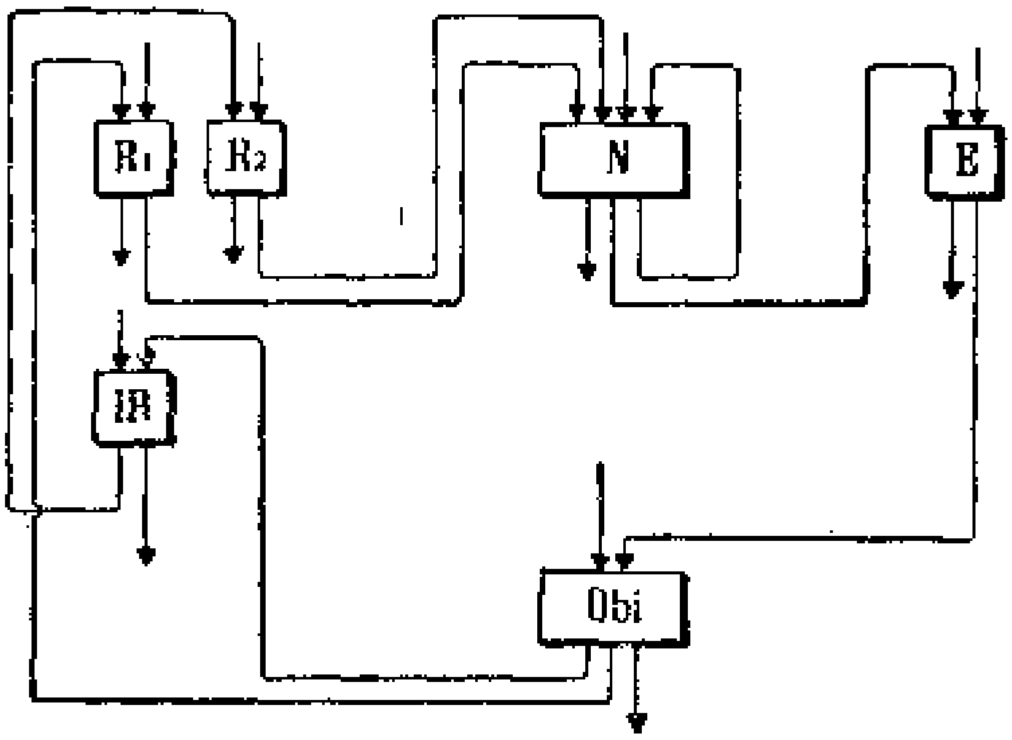


图 5.7.0 运用一不能調节的观察工具与一代用感受器耦合的人

这个模型包括六个系統：IR, R_1, R_2, N, E, Obi。

請注意以下反饋耦合：

(1) 中枢神經系統的自我耦合。中枢神經系統的这种耦合，是在上述各种行为模型中都是存在的，而且每次都要把它列出来以强調指出在中枢神經系統的反应中，“記忆功能”占有重要作用。这个自我耦合是$\binom{N}{N}$；

(2) 四个輸通所构成的反饋

$$\binom{R_1}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},\ \binom{Obi}{R_1};$$

(3) 五个輸通所构成的反饋：

$$\binom{R_2}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},\ \binom{Obi}{IR},\ \binom{IR}{R_2};$$

(4) 七个輸通所构成的反饋：

$$\binom{R_2}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},\ \binom{Obi}{R_1},$$

$$\binom{R_1}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},\ \binom{Obi}{IR},\ \binom{IR}{R_2}.$$

下面我們要举例說明反饋(2),(3)和(4)。

在例子中,組成模型的各个系統,它們的意义是:

(1) Obi——水箱和水龙头里的水,

(2) IR——溫度計,

(3) R_1——手上的各个感受器,

(4) R_2——眼睛(包括一組感受器),

(5) N——中枢神經系統,

(6) E——調节水龙头的手(包括一組感受器),其作用是让热水或冷水流出来。

解說一:反饋(2)的四个反饋,可以写成:

$$\binom{Obi}{R_1},\ \binom{R_1}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},$$

可以解释为:

$\binom{Obi}{R_1}$, $\binom{R_1}{N}$ } 用手試水的溫度,

$\binom{N}{E}$, $\binom{E}{Obi}$ } 用手操纵水龙头。

这是一种比較簡单的情况。

解說二:反饋(3)的五个反饋,可以写成:

$$\binom{Obi}{IR},\ \binom{IR}{R_2},\ \binom{R_2}{N},\ \binom{N}{E},\ \binom{E}{Obi},$$

可以解释为:

$\binom{Obi}{IR}$, $\binom{IR}{R_2}$, $\binom{R_2}{N}$ } 看溫度計检查水的溫度,

$$\left.\begin{matrix}\begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}\end{matrix}\right\}\text{用手操纵水龙头。}$$

解說三：反饋(4)的七个反饋，可以写成：

$$\begin{pmatrix}Obi\\R_1\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}R_1\\N\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix}Obi\\IR\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}IR\\R_2\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}R_2\\N\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}.$$

解說是：

$$\left.\begin{matrix}\begin{pmatrix}Obi\\R_1\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}R_1\\N\end{pmatrix}\end{matrix}\right\}\text{用手試水溫，}$$

$$\left.\begin{matrix}\begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}\end{matrix}\right\}\text{用手操纵水龙头，}$$

$$\left.\begin{matrix}\begin{pmatrix}Obi\\IR\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}IR\\R_2\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}R_2\\N\end{pmatrix}\end{matrix}\right\}\text{用溫度計核对水溫(与要求溫度比較)，}$$

$$\left.\begin{matrix}\begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix}\\\begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}\end{matrix}\right\}\text{用手再去操纵水龙头。}$$

解說四：反饋(4)也可以另外一种写法(只要不变动它們的輪迴順序就成)，即：

$$\begin{pmatrix}Obi\\IR\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}IR\\R_2\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}R_2\\N\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix}Obi\\R_1\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}R_1\\N\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}N\\E\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E\\Obi\end{pmatrix}.$$

对这个順序也可作如下解释：

$\begin{pmatrix} Obi \\ IR \end{pmatrix}$
$\begin{pmatrix} IR \\ R_2 \end{pmatrix}$ 用温度計检查水温，
$\begin{pmatrix} R_2 \\ N \end{pmatrix}$

$\begin{pmatrix} N \\ E \end{pmatrix}$
$\begin{pmatrix} E \\ Obi \end{pmatrix}$ 用手操纵水龙头，

$\begin{pmatrix} Obi \\ R_1 \end{pmatrix}$
$\begin{pmatrix} R_1 \\ N \end{pmatrix}$ 用手試水温，試驗是否合乎要求，

$\begin{pmatrix} N \\ E \end{pmatrix}$
$\begin{pmatrix} E \\ Obi \end{pmatrix}$ 再用手去操纵水龙头。

图5.7.0模型的耦合矩陣，列表如下：

表 5.7.1

輸入	輸出							輸出总計
	模型外	IR	R_1	R_2	N	E	Obi	
模型外	.	1	1	1	1	1	1	6
IR	1	0	0	0	0	0	1	2
R_1	1	0	0	0	0	0	1	2
R_2	1	1	0	0	0	0	0	2
N	1	0	1	1	1	0	0	4
E	1	0	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	0	0	1	0	2
輸入总計	6	2	2	2	3	2	3	20

5.8 一个执行工具加上一个观察工具

从第5.5节到第5.7节的分析，可能給讀者这样的錯觉（虽然这是违反作者本意的），似乎由于某些不了解的原因，我們暗中假定

行为者只使用执行工具，或者只使用观察工具。事实上，行为者为了达到一个或多个目的，他会同时使用执行工具和观察工具。为了全面地説明这个道理，我們可以討論一下以前已經举过的一个例子，即在第 2.8 节説明負反饋作用时讲过的例子．一个人在公路上駕駛汽車，并力求以一定的速度前进．駕駛者依靠着一个执行工具(油門，它調节汽油进入发动机的油量）和一个观察工具(車上的速度表)．

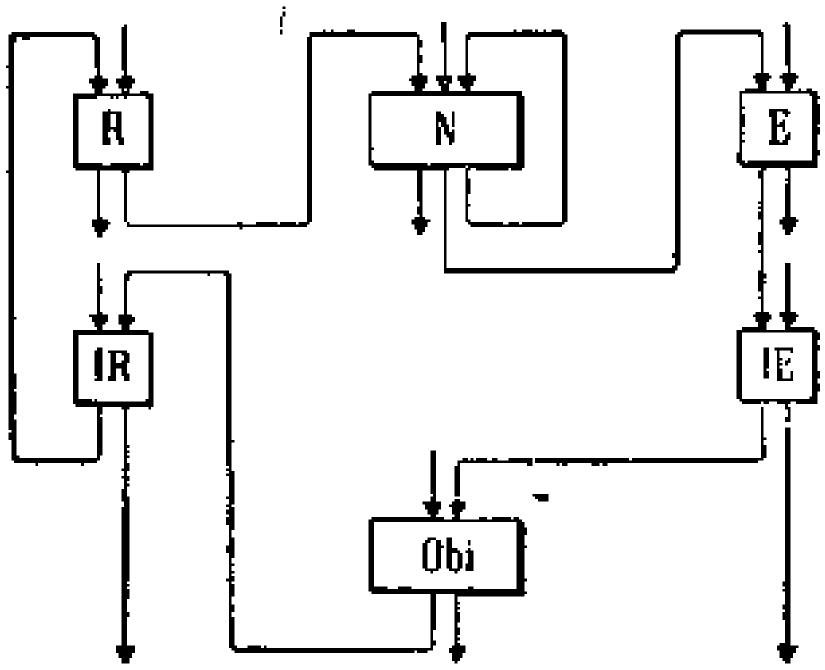


图 5.8.0 同时运用一个不能調节的观察工具和一个不能調节的执行工具的人

为了使讀者不致誤解，图 5.8.0 就表示这样一种旣使用执行工具(不能調节的)，又使用观察工具（不能調节的）的行为模型．这个模型，由六个基本系統組成：IR, R, N, E, IE, Obi。

除了已知的中枢神經自我耦合$\binom{N}{N}$之外，我們还有这样几个反饋耦合：$\binom{IR}{R}$，$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E}$，$\binom{E}{IE}$，$\binom{IE}{Obi}$，$\binom{Obi}{IR}$。

上述耦合的矩陣，見表 5.8.1.

表 5.8.1

輸　入	輸			出				輸出总計
	模型外	IR	R	N	E	IE	Obi	
模型外	.	1	1	1	1	1	1	6
IR	1	0	0	0	0	0	1	2
R	1	1	0	0	0	0	0	2
N	1	0	1	1	0	0	0	3
E	1	0	0	1	0	0	0	2
IE	1	0	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	0	0	1	0	2
輸入总計	6	2	2	3	2	2	2	19

5.9 智慧工具

我們还是从例子来开始分析那些智慧工具占主要地位的模型。

例Ⅰ：我准备去旅行，要从两条可能的路径中选择一条經济的途径。途径 1 的距离是 D_1 公里，車票价是 P_1 角/公里。途径 2 的距离是 D_2 公里，車票价是 P_2 角/公里。在决定之前，我得先比較这两条途径的支出费用，即：

(a) 計算 $D_1\times P_1$ 之积，

(b) 計算 $D_2\times P_2$ 之积，

(c) 比較上述两个数字。

上述(a)和(b)的运算，可以用心算，也可以用乘积表或計算尺或計算机等工具。

例Ⅱ：一个設計师从事設計，他的工作需要进行計算。如果計算很簡单，他可以运用心算；但为了避免錯誤或提高运算速度，他会使用計算表、計算尺或計算机。在計算量繁重的情况下，运用計算工具就更是必需的了。

每一种計算工具，从古代的算盘到现代的自动电子数字計算机，都是智慧工具。但是，并不是每一种智慧工具都是計算工具，例如一本字典，可以算是一种智慧工具，但是它不是一种計算工具。图 5.9.0 就是运用智慧工具的系統的一个模型。

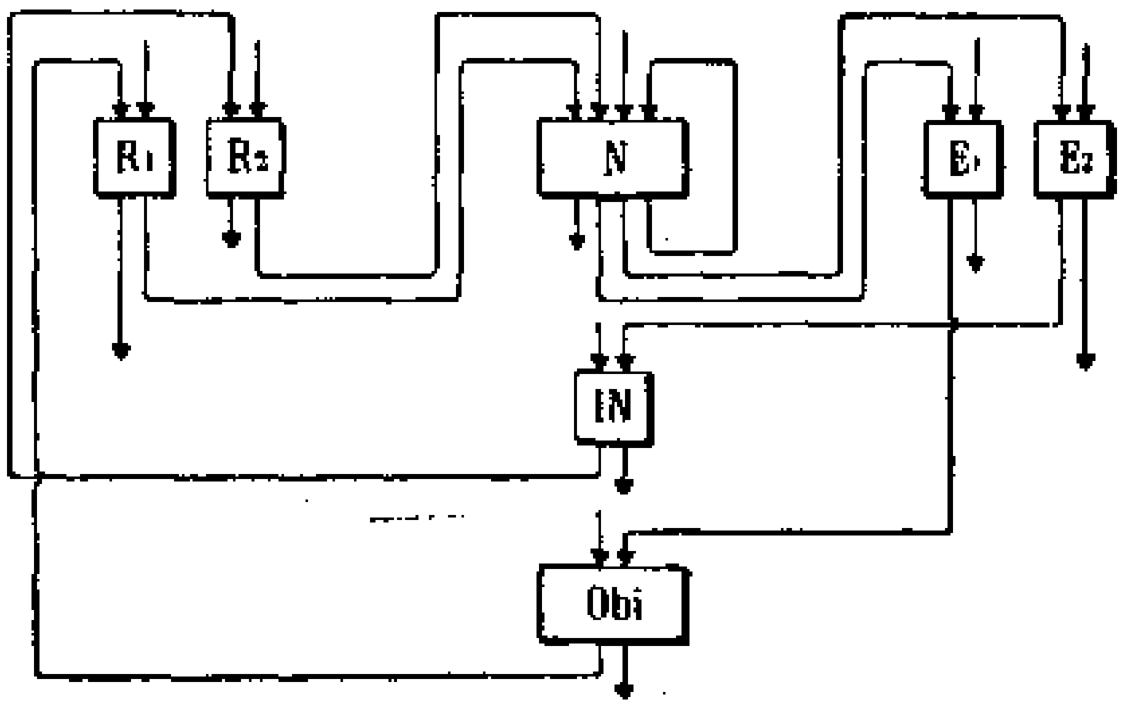


图 5.9.0 运用一个智慧工具的人

这个模型，由七个系統組成：$R_1, R_2, N, IN, E_1, E_2, Obi$。

注意这个模型的下列反饋：

(1) 自我耦合：

$$\binom{N}{N};$$

(2) 四个輸通形成的反饋：

$$\binom{R_1}{N},\ \binom{N}{E_1},\ \binom{E_1}{Obi},\ \binom{Obi}{R_1};$$

(3) 另一組四个輸通形成的反饋：

$$\binom{R_2}{N},\ \binom{N}{E_2},\ \binom{E_2}{IN},\ \binom{IN}{R_2};$$

(4) 五个輸通构成的反饋：

$$\binom{R_1}{N},\ \binom{N}{N},\ \binom{N}{E_1},\ \binom{E_1}{Obi},\ \binom{Obi}{R_1};$$

(5) 八个輸通构成的反饋：

$$\binom{R_1}{N},\ \binom{N}{E_2},\ \binom{E_2}{IN},\ \binom{IN}{R_2},$$

$$\binom{R_2}{N},\ \binom{N}{E_1},\ \binom{E_1}{Obi},\ \binom{Obi}{R_1}.$$

可以用一个例子說明这些反饋．一个計算員，他接受口头的指令，用一个計算机进行計算，然后口头报告計算結果．在这个例子里，图 5.9.0 中的各个系統分别表示：

(1) R_1——計算員的耳朵(一組听觉感受器)，

(2) R_2——計算員的眼睛(一組視觉感受器)，

(3) N——中枢神經系統(計算員的)，

(4) IN——計算机，

(5) E_1——計算員的发声效应器，

(6) E_2——計算員操作計算机的手，

(7) Obi——給計算員下达口头指令和接受計算員答案的人(也許这里不是一个人，而是一种仪器，比如已准备好指令和准备录制答案的磁带录音机)．

反饋 (1)——$\binom{N}{N}$：計算員考虑把某一計算題簡化的可能，并記忆在心里，以便在計算过程中应用。

(2) 項的四个反饋："Obi"要求計算員解答某一計算問題，計算員給予回答.

(3) 項的另外一組四个反饋：在解題当中，計算員从計算机中讀出某中間答案，并将它再輸入計算机中，以求得最后答案.

(4) 項的五个反饋："Obi"給計算員一个題目．这个題目需要进行几步算术运算，但是因为这些运算很簡单，計算員可以不用計算机，他用心算求得答案，并口头报出这个答案.

(5) 項的八个反饋："Obi"給計算員一个計算任务，計算員操作計算机，求出其結果，用口头报告此結果給"Obi".

图 5.9.0 的模型中，各个系統的耦合，用矩陣表列如下：

表 5.9.1

輸　入	輸				出				輸出总計
	模型外	R_1	R_2	N	E_1	E_2	IN	Obi	
模型外	.	1	1	1	1	1	1	1	7
R_1	1	0	0	0	0	0	0	1	2
R_2	1	0	0	0	0	0	1	0	2
N	1	1	1	1	0	0	0	0	4
E_1	1	0	0	1	0	0	0	0	2
E_2	1	0	0	1	0	0	0	0	2
IN	1	0	0	0	0	1	0	0	2
Obi	1	0	0	0	1	0	0	0	2
輸入总計	7	2	2	4	2	2	2	2	23

5.10 人类的合作

到目前为止，本书所有已叙述的行为模型，都只是模拟个人的行为者，而不是模拟一群行为者．如果要把第一、二章的概念在更大程度上引入行为模型中的話，就有必要建立模拟一群行为者的模型．由于篇幅限制，我們的分析只限于一个非常简单的模型，即模拟两个行为者的情况（一个是观察者，一个是执行者）．这里的每一个行为者都包括五个相对孤立系統的耦合，即两个感受器，一个中枢神經系統，两个效应器．見图 5.10.0 和表 5.10.1.

表 5.10.1

基　本　系　統　的　类　别	观察者（第一人）	执行者（第二人）
用以观察行动对象的感受器（即：相当于眼睛）	R_{11}	R_{21}
用以接收从对方来的信息（即：相当于耳朵）	R_{12}	R_{22}
中樞神經系統	N_1	N_2
用以影响行动对象的效应器（即：相当于手）	E_{11}	E_{21}
用以給对方信息的效应器（即：相当于发声器官）	E_{12}	E_{22}

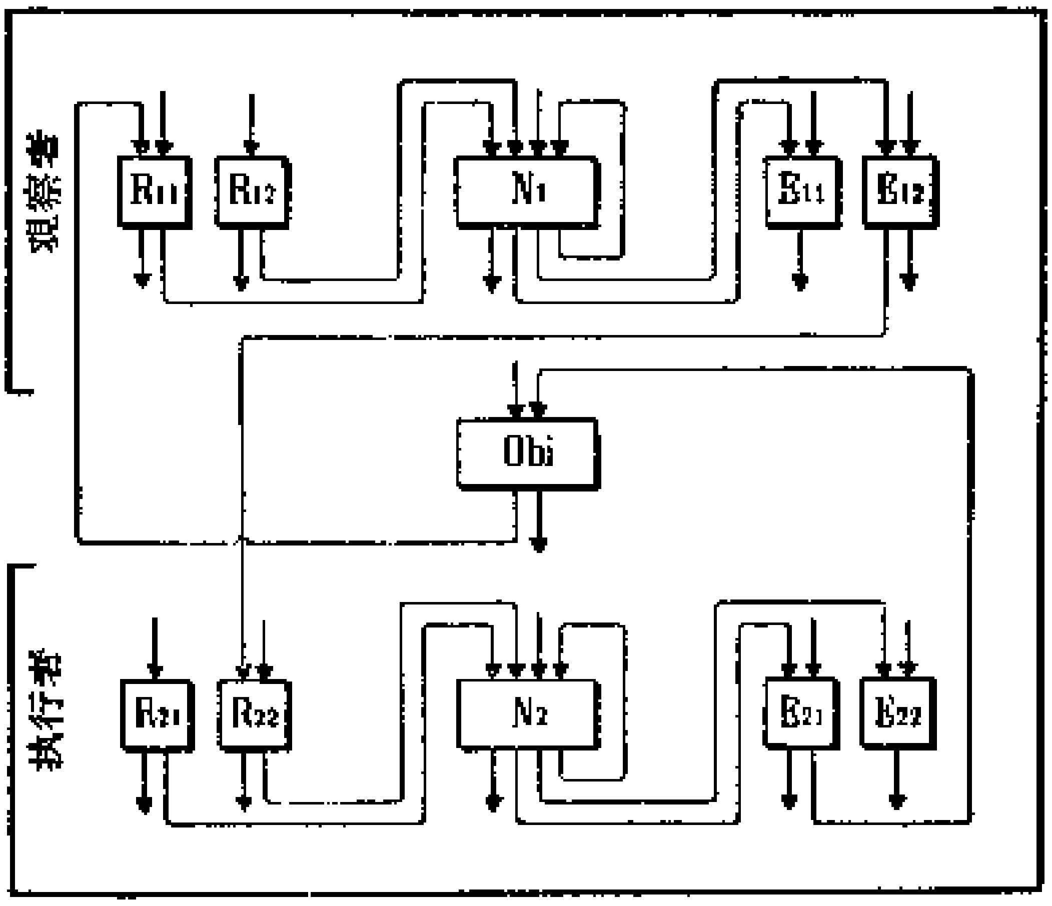


图 5.10.0
人类的合作：一个观察者和一个执行者

要注意模型中的下列反饋：

(1) 自我耦合：

$$\begin{pmatrix}N_1\\N_1\end{pmatrix},$$

(2) 自我耦合：

$$\begin{pmatrix}N_2\\N_2\end{pmatrix},$$

(3) 模型中的几个“大回路”：

$$\begin{pmatrix}R_{11}\\N_1\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}N_1\\E_{12}\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E_{12}\\R_{22}\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}R_{22}\\N_2\end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix}N_2\\E_{21}\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}E_{21}\\Obi\end{pmatrix},\ \begin{pmatrix}Obi\\R_{11}\end{pmatrix}.$$

在这里，看来可以不必叙述上面这些反饋系統的意义，相信讀者自己已經可以很容易找出适当的“翻譯”了。

这些耦合，用矩陣表示，如表 5.10.2 所示。

表 5.10.2

輸　入	輸						出						輸　出 总　計
	模型外	R_{11}	R_{12}	N_1	E_{11}	E_{12}	Obi	R_{21}	R_{22}	N_2	E_{21}	E_{22}	
模型外	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
R_{11}	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
R_{12}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N_1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
E_{11}	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
E_{12}	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Obi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
R_{21}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R_{22}	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
N_2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	4
E_{21}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
E_{22}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
輸入总計	11	2	2	4	1	2	2	2	2	4	2	1	35

5.11　自动机器

在口語运用中，自动化这个名詞的含义是有些模糊的。人类技术已經进入这样一个时代，智慧工具(第5.9节)和自动机器已經开始在工业生产和科学研究中占有重大地位。因此，需要給自动化一个准确的定义。我們还要記住，大多数嶄新的智慧工具都是自动机器，例如自动电子数字計算机等。

我們在这里不能介紹适合于現代科学方法要求的自动化的标准定义。篇幅的限制要求我們用比較朴素的办法来滿足这个需要。

許多讀者会問："在控制論的书中，用专門的一节来叙述自动化的概念，是完全适宜的，但是，为什么自动化的概念要放在行为模型这一章里来讲呢？"要答复这个問題，我們要通过一条稍为迂迴的途径，即：我們首先要知道自动机器的模型，是由什么組成的，然后才尝試說明，什么是自动机器。

如第5.1节图5.1.0所示，最簡单的行为模型是由四个系統組成的：

(1) R——感受器，

(2) N——中枢神經系統，

(3) E——效应器，

(4) Obi——行动对象.

在这个模型中，R, N, E 系統串联耦合所形成的系統，表示一个单个的人，而 Obi 系統則表示他所处的环境或环境的一部分。R, N, E 所构成的系統，其輸通是$\binom{R}{N}$，$\binom{N}{E}$，这可以簡称为"RNE"系統。RNE系統是任何个人的最基本最簡单的模型，也是相当多的个体动物的模型。不仅如此，RNE 系統也有另外的作用——它也是最基本最簡单的自动化模型。在表示自动化模型的情况下，模型中各个系統的作用为：

(1) R——一个信息系統（比如光电池、拾音器），它接收关于 Obi 系統的信息，并将信息传递給 N 系統。

(2) N——一个信息系統，接收从系統 R 来的信息，把它轉变为信息-决定，并将决定传递給系統 E。

(3) E——一个輸入信息系統，它从系統 N 接受信息-决定，并遵照决定对系統 Obi 施加作用。

(4) Obi——一个輸出信息系統，它是在自动化系統 RNE 以外的，它处在系統 R 的观察之下，系統 E 对它施加作用。

我們很容易发現，如上面所解释的行为模型，能够用来表示一个最基本而簡单的自动售貨机的模型（自动出售門票、糖果等），也可以表示一个簡单的控制机械工具的自动化的模型。

現在，自动化的概念，可以由下列两个公設来規定：

(1) 每一个自动化系統，是完全由无生命的技术事物构成的（即第 3.1 节所說的 D 类事物）；

(2) 每一个自动化系統，都是由下列的至少三类系統串联耦合而成：

(a) 輸入信息系統：即模拟感受器，它从外部取得信息；

(b) 信息系統：即模拟中枢神經系統，它从模拟感受器接受信息，并把信息轉換为信息-指令；

(c) 輸出信息系統：即模拟效应器，它从自动化系統內部取得指令，并对自动化系統的外部施加相应的作用.

我們不想特别說明这些公設的重要性，但是，有了这些公設的指引，就比从日常語言中得到的直觉概念好得多.

我們还需要簡单說明几点：

(1) 用公設1和2所定义的“自动化”的含义，足够包括下列两个类型的自动机器：

(a) 具有条件反射作用的自动机器(見第4.1节)；

(b) 两个系統相耦合而成的自动机器，其中一个是教授系統，一个是受教系統，或者是彼此互教(見第4.3节).

(2) 根据公設(1)和(2)，每一个人造动物(見第4.0节)，都应該看作是一个自动化机器.

(3) 根据公設(1)，任何植物、任何动物、任何人类、任何有生命的技术事物，都不能看作是自动化机器.

(4) 光是公設(1)和(2)，肯定不能满足地回答关于所有或某些自动机的思維能力問題. 因为到目前为止，我們在这方面所知不多，甚至要清楚地理解这些問題也相当困难. 在下面的章节里，我們也許可以稍为改善我們在这些困难面前的状况(参閱文献B.1,C.1,L.3).

5.12 結語

本章的目的有两个：首先是表明控制論的基本概念对生物行为的研究是有用的；其次是企图多少闡明控制論和行为学研究之間的关系，即探討N.維納的观点(控制論)和T.科塔尔宾斯基(Tadeusz Kotarbinski)的观点(行为学研究)*的結合.

这两个目的都不是容易达到的，特别是采用普及的形式则尤其困难. 我們都是用一些例子解說来代替系統的闡述. 对于这个方法，讀者可能提出异議：即使把这些例子都集中在一起，也还不够形成完整的体系；这些例子太簡单了(如果不是太瑣碎的話)；而

* 行为学研究：研究人們的行为及行为的反常状态的一門学科.——譯者註

对于这些給定的具体例子来說，表示它們的模型又太抽象了。

可是，另一方面，如果是一个細心的讀者，他可以自己建立更复杂、更有趣的模型。例如，在行为者之間的相互关系更加复杂的模型(比第5.10节所叙述的更复杂)；或者不但是那些行为者、工具、行动对象的耦合模型，而且是在各个不同的行为者之間的耦合模型(如通信网路)。在后面还要說到的对于經济模型的分析，将使对行为模型发生兴趣的讀者感到很有教益。

还需要說明一点，由于不想把这本书弄得份量过重，我們这里不拟进一步討論这样一个重要問題：运用控制論基本概念而建立起来的行为模型，怎样能够提供人体的补缺术的一般理論基础*(請参閱文献 GBS, W. 2)。

* Prosthesis，补缺术或补肢术。一門研究如何用人造器官来替代人体上已损坏、残废了的器官的学科。例如人造手、人造脚、人造眼等等。它們和假足、假手、假眼不同，它們在一定程度上能够替代天然的感受器和效应器的作用，能向中樞神經传送信息和接受、执行中樞神經的指令。N. 維納在他的著作"控制論"中，曾强調指出控制論对人造器官研究的作用。——譯者註

第　六　章

信号与表述、符号与語言

6.0　引言

在前一章，我們討論了一些行为模型，建立了一些个别模型的系統．我們的注意力集中在这些模型系統的輸入、輸出(特别是輸通)上面，但是，我們沒有研究它們的时間序列、状态序列、时-态函数和决定函数(参閱第1.1和1.9节)．为了弥补这些缺陷，我們現在討論一定的輸入和輸出的状态序列，即行为模型的信息輸入和信息輸出．

在建立行为模型时，我們已經和感受器、中枢神經系統、效应器、观察工具以及智慧工具等打过交道了．我們很容易可以說明，

(1)　每一个感受器是一个信息系統，

(2)　每一个中枢神經系統是一个信息系統，

(3)　每一个效应器是一个輸出信息系統，

(4)　每一个观察工具是一个輸入信息系統，

(5)　每一个智慧工具是一个信息系統．

显然，(1)—(3)項不只适用于有生命的非技术事物所构成的感受器、中枢神經系統、效应器，同时也适用于每一个无生命的技术事物或有生命的技术事物(参閱第3.1和3.7节)．

行为模型的許多輸入、輸出的各可辨状态，是单純的信息．但是，并不是在系統中的每一个信息都是輸入和輸出的可辨状态．因为信息还有許多更为复杂的形式，有些信息是包括着多个可辨状态的"口袋"(即一个信息中包括多个可辨状态在內)．这种信息的結构，本书就不討論了．

6.1　有序偶

有序偶的概念，是在平面解析几何学中出現的．因为在欧几

里德平面上的每一个点，都由在座标上的一对序偶点所决定。这个概念，在算术理論中很有用处（复数是实数的有序偶，分数是整数的有序偶）。而且，从算术理論中，这个概念还进一步应用于集合論和邏輯，在那里，这个概念又取得了必需的精密化和概括化（參閱文献：KM, K.2, M.3, W.1）。

有序偶概念的基本性质是：包括元素 x_1y_1 的有序偶和包括元素 x_2y_2 的有序偶恒等，如果（且只有如果）下列两条件得到滿足时：(1) x_1 恒等于 y_1；(2) x_2 恒等于 y_2。

因此，包括着拿破仑第一和拿破仑第三的序偶，恒等于包括耶拿的胜利者和色当的失败者的序偶*。但是，包括拿破仑第一和拿破仑第三的序偶，与色当失败者和耶拿胜利者的序偶，则是不恒等的，因为：(1)拿破仑第一与色当的失敗者不恒等，(2)拿破仑第三与耶拿的胜利者不恒等。

如果我們有两个对象，比如两个人——甲、乙，我們可以建立 4 个不同的序偶：

(1) 甲、甲，　　(3) 乙、甲，

(2) 甲、乙，　　(4) 乙、乙。

这个結果，虽然在数学上是被普遍承认的，但从物质的观点来看，是有些費解的。如果光是考虑序偶所包括的事物，那就很难令人相信，一个包括甲、乙和一个包括乙、甲的事物是不相同的。我們在这里将不研究如何对有序偶作概括的物质的解释，因为这将是太冗长了。我們把这个問題的解释，限于以下特殊情况：

(1) 給定两类对象，第 I 类和第 II 类。这两类对象是不相交的，就是說，沒有任何第一类的对象可以是第 II 类的对象；

(2) 第 I 类的任何对象中，沒有一个对象是第二类对象的一部分；

(3) 我們只考虑这样的有序偶：有序偶中的第一个元素属于第 I 类，第二个元素属于第 II 类。

* 拿破仑第一的軍队曾在耶拿(Jena)与普魯士軍队大战获胜。拿破仑第三則曾在色当(Sedan)被普軍包围大敗投降。——譯者註

根据以上假定，一个有序偶(也只是一个)，是从两个对象构成的，其中一个对象属于第Ⅰ类，另一对象属于第Ⅱ类. 从純粹物质的观点来看，这种有序偶就是两类完全不同的事物的組合，其中之一屬于第Ⅰ类，另一个屬于第Ⅱ类.

比方說，第Ⅰ类对象規定只是人类的，第Ⅱ类对象規定只是狗类的。J 和 P 是两个不同的人，B 和 F 是两条不同的狗. 則：

包括 J 和 B 的有序偶，和包括 J 和 F 的有序偶，是不恒等的. 因为 B 和 F 不相等.

包括 J 和 B 的有序偶，和包括 P 和 B 的有序偶，是不恒等的. 因为 J 和 P 不相等.

更明显地，包括 J 和 B 的有序偶，和包括 P 和 F 的有序偶，是不恒等的.

除了以上有序偶（包括两个元素）的概念之外，在現代邏輯和数学中还运用着其它“装口袋式”的概念，比如有序三重元素、有序四重元素、有序 n 重元素、矩陣等等. 我們也能建立包括着“口袋”的大“口袋”. 这里，我們就不詳細論述了。

6.2 信号和符号

我們以后将用“**元素信号**”这个名詞，来称呼那些只包含一个可辨状态的信息；我們将用“**复合信号**”这个名詞，来称呼那些包含多个可辨状态的信息.

举例来說，考虑一个 0-1 信息系統(参閱第 2.2 和 2.5 节)，如果它是一个选取系統，有两个輸入——輸入Ⅰ和輸入Ⅱ，則可辨状态 0 和可辨状态 1 都是元素信号，而由此而建立的有序偶——比如元素 0（輸入Ⅰ的状态）和元素 1（輸入Ⅱ的状态）——則是复合信号.

一定的信号系統，可以称为“符号”. 每一种符号，可以是給定的信息輸入或信息輸出的可辨状态的状态序列，或者，也可以是从元素信号的状态序列、按已知規則构成的复合信号. 在实际工作中，由两个元素信号所构成的二元符号，具有极重要的作用.

6.3 表述和語言

有些信号（而不是所有信号）是表述；但是所有的表述都是信号。

有些符号（而不是所有符号）是語言；但是所有的語言都是符号。

語言，是指其中全部包括着表述的符号（也只有其中全部包括表述的符号才是語言）。

当然，上面的定义，只是为了我們把非表述的信号和表述的信号区分出来。这里存在着三种情况：

(1) 容易肯定的情况：一个給定的信号是一个表述。例如，甲对乙說：我們的汽車来了，甲所說的这句話，当然是一个表述。甲給乙写信：我得了流行性感冒，甲所写的，当然也是一个表述。一个警察指引人們，让他們可以横过馬路，这个警察的手势，也可以当作是一个表述。

(2) 容易否定的情况：一个給定的信号不是一个表述。例如，从甲的感受器，信号不断地传到他的中枢神經系統，而他的中枢神經系統又不断地把信号发到甲的效应器。这里所說的信号，都不是一个表述。

(3) 难以断定的情况：例如，如果不是警察在指揮車輛交通，而是用一个具有三种灯光的自动机来指揮車輛交通。自动机上的紅灯、綠灯、黄灯，肯定地是屬于一定的符号系統的。但是，它們是否是屬于一定語言的表述呢？这只从直觉来判断就不够了。我們說，温度計能表示周圍环境的溫度，钟表能表示时間，溫度計和钟表都能給出屬于一定符号系統的信号（即溫度計刻度的符号和钟表表盘上的符号），这是很明显的。但是，請考虑，是否所有从观察工具到感受器的輸通都是一个表述呢？类似的問題，也可以对智慧工具的輸出和輸入来提出。而且，在某些情况下，类似的問題也可以对执行工具的控制輸入提出（如汽車的油門或变速杆等輸入）。

我們假定，对上述問題作两个决定：第一，每一个在十字路口的灯光信号，都作为一定語言中的一个表述；第二，駕駛員为改变油門位置的腿的活动，和为改变变速杆位置的手的活动，都不仅是

作为給予机器的屬于一定符号系統的信号，而且也应看作是屬于一定語言的一个表述．我們还可以进一步假定，这两点决定只是具有术語詞汇上的价値．在将来，汽車的駕駛員将被取消，他的眼睛将被光电池代替，他的中枢神經系統被計算机代替，他的手和脚被执行机构所代替．到这时，从上述名詞上的决定出发，我們是否将不得不承认(或傾向于)把这套灯光信号、車辆交通指揮的自动化、一直到汽車的光电池等等，也都算作是表述呢？对于作为自动化系統輸出的自动装置之运动，也存在同样的問題．

我們这里只是提出問題，現时不作解答．讀者如果对語义語句的信号的內部結构更加熟悉了，那么，他就能够自己作出一定的解答(参閱文献 B.1，B.2，S.1，S.2)．

6.4 作为有序偶的外現語义表述

甲說："华沙位于欧洲，北京位于亚洲"．这个由甲說出来的信息，是一个表述；它又由几个表述所构成，如声音为"华沙"的表述，声音为"位于"的表述等。

甲写道："华沙位于欧洲，北京位于亚洲"．这个由甲写出的信息，也是一个表述；它又由几个表述所构成，比如写成"华沙"的表述，写成"位于"的表述等．

甲繪出一张欧亚地图，繪出欧亚两大陆的輪廓，并标明华沙和北京的位置。这张由甲繪出的地图，也是一个表述．它由許多繪出的表述所构成，例如輪廓綫、分界綫、两个城市点等等．

甲因为牙疼而愁眉苦脸．他的面部肌肉的位置或其活动，也可以叫做是一个表述．虽然在这个例子里，我們还分析不出来，它是由哪些其它表述所构成的．

甲指揮一个交响乐队，他的手作一定的运动，这也是表述．任何人的一个有意义的手势，都可以叫做一个表述．

上面所說的各个表述，都是外現的語义表述．每一个明确的語义表述，都是一个有序偶，这个有序偶的第一元素叫做"传递要素"，第二个叫做"語义要素"．

任何外現的語义表述，其传递要素常常是某效应器的輸出的

可辨状态（或諸可辨状态群），或者是某执行工具的輸出的可辨状态（或諸可辨状态群）。在某一个人說話的表述中，其传遞要素是声波的一定次序（这时，周圍的空气成为它的执行工具）。对于书写的表述来說，其传遞要素是用以书写的事物，例如粉笔、墨水、油漆等等。至于手势表述的传遞要素，則是某些肌肉效应器的一定状态。

語义要素常常包括在人类中枢神經系統的輸入或輸出的一定的可辨状态中。但是，我們不能反过来說：人类中枢神經系統的輸入或輸出的每一个可辨状态都是某些表述的語义要素。

6.5 作为有序偶的非外現語义表述

如果一个人和自己談話（就是思想），他需要自己进行一定的想象中的表述，即：他要給自己造成一些印象（比如数学公式、化学分子式），某些图解和图表等等。这些表述具有語义要素是沒有什么疑問的，它相当于那些眞实地写出来、画出来的表述一样。但是，在这种情形里，表述的传遞要素是什么呢？我們可以假定，在每一个想象的表述中，传遞要素就是人类中枢神經系統中的某特定状态。这种非外現的（想象的）語义表述的传遞要素，都不是任何表述的語义要素。因此，在每一表述中，我們便能很容易地把传遞要素和語义要素区别开来。有了这一假定，我們便可以把处理作为有序偶的外現語义表述的概念，应用到所有非外現的語义表述上面来。

6.6 語义思維和語义通信

对于一个不是心理学专家的人，要他描述思維和人类間的通信的过程，实际上是不大可能的。但是，这里仍然力求用根本的、簡化的办法来試图表現这些过程的某些方面。我們运用一个相似于第五章所說的模型，特别是人类合作的行为模型来說明。假如我們这个語义思維与語义通信的模型，从心理学观点来看是大有缺点的話，那么，我們至少还有一个收获，那就是会引起充分的专門性的批評。

这个模型，包括七个系統（見图6.6.0）：

(1) R_1——感受器
(2) N_1——中枢神經系統 } 第Ⅰ个人，
(3) E_1——效应器

(4) R_2——感受器
(5) N_2——中枢神經系統 } 第Ⅱ个人，
(6) E_2——效应器

(7) B——一块可供书写的黑板。

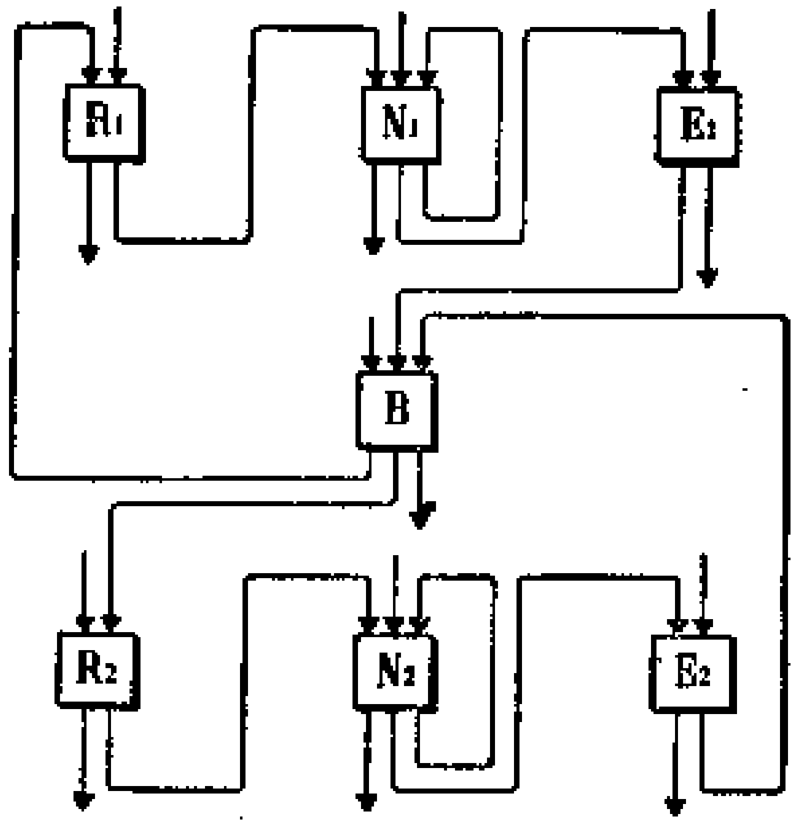


图 6.6.0 往复通信

这个模型的功能是：

(1a) 第Ⅰ个人在思維，而未发表他所想的。因此，这个思維的过程是一个非外現的語义表述。每一个这样的表述，是一对有序偶，包括有传递要素和語义要素。这就是輸通$\binom{N_1}{N_1}$的可辨状态。

(1b) 第Ⅱ个人在思維，共过程与第Ⅰ个人一样。两者完全相仿，其輸通是$\binom{N_2}{N_2}$。

(2a) 第Ⅰ个人在思維，并充分表达出他所想的（比如写在黑板上）。他的思維过程就成为外現的語义表述的过程。每一个这样的表述，是包括传递要素（用效应器 E_1，把表述写在黑板上）和語义要素的有序偶。这就是起初为輸通$\binom{N_1}{E_1}$、其后为輸通$\binom{R_1}{N_1}$的可辨状态。因此，就存在着如下反饋：$\binom{N_1}{E_1}\binom{E_1}{B}\binom{B}{R_1}\binom{R_1}{N_1}$。

(2b) 第Ⅱ个人的行为，与前述第Ⅰ个人的行为一样。两者完全相仿。在这时，他的反饋是：$\binom{N_2}{E_2}\binom{E_2}{B}\binom{B}{R_2}\binom{R_2}{N_2}$。

(3a) 第Ⅰ个人向第Ⅱ个人传递某些信息。第Ⅰ个人发出外現的語义表述，第Ⅱ个人接收这个外現的語义表述。第Ⅰ个人所

发出的任何語义表述，都包括传递要素和語义要素．語义要素存在于輸通$\begin{pmatrix}N_1\\E_1\end{pmatrix}$的可辨状态中，传递要素存在于輸通$\begin{pmatrix}B\\R_2\end{pmatrix}$的可辨状态中．

我們再看第Ⅱ个人接收此語义表述的情况．这个表述也是包括传递要素和語义要素的．对第Ⅱ个人来說，传递要素和刚才所說的相同，即輸通$\begin{pmatrix}B\\R_2\end{pmatrix}$的可辨状态，語义要素則是輸通$\begin{pmatrix}R_2\\N_2\end{pmatrix}$的可辨状态．

由此可見，传递要素在同一輸通中出现一次，而語义要素对两人都是共同的（如果保証两人間不发生誤解的話），但是出現两次，每一次存在于一个不同的輸通中．

(3b) 第Ⅱ个人传递某些信息給第Ⅰ个人．情况与上述完全相仿，語义要素出现在$\begin{pmatrix}N_2\\E_2\end{pmatrix}$，传递要素出現在$\begin{pmatrix}B\\R_1\end{pmatrix}$，而語义要素又出現在$\begin{pmatrix}R_1\\N_1\end{pmatrix}$中．

(4) 当第Ⅰ个人和第Ⅱ个人相互交换信息时，我們可得如下反饋：

$$\begin{pmatrix}N_1\\E_1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}E_1\\B\end{pmatrix}\begin{pmatrix}B\\R_2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}R_2\\N_2\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}N_2\\E_2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}E_2\\B\end{pmatrix}\begin{pmatrix}B\\R_1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}R_1\\N_1\end{pmatrix}.$$

6.7 形式表述

P 是一个英国人，他的朋友 J 是一个法国人，J 完全不懂英語．如果 P 說："某甲是个傻瓜"，J 也很小心地学着 P 的說話："某甲是个傻瓜"，但是 J 只是模仿这句話的声音，完全不知道这句話的意义．在这种情况下，这两个表述在声音上完全相同，但是，P 所說的是一个語义表述，而 J 所說的則不是一个語义表述(即使有第三者英国人 G，刚好听到 J 的声音，这时，我們說这是一个被接受的語义表述，而不是一个发出的語义表述．因为在 J 的中枢神經系統并沒有发出这样一个語义表述)．这种情况下，P 是說出了一个外現的語义表述，而 J 則只是唸出了一个形式表述而已．如果有一个人，写出了"*Woggles diggle*"或"*Woggled diggles miggle*"等毫无意义的字样，他就是发出了一个形式表述．除了上述的語

义表述和形式表述以外，也还存在有混合的語义-形式表述。

我們力求給"表述"的概念以明确的含义，这个拙劣的努力，就談到这里. 很显然地，这些解释还不足以給"表述"这个概念下准确的定义，还不足以提供决定一个对象是否是表述的基础. 例如，根据以上所解释的，我們就不能断定，疯子或醉汉所說的含糊的話中，是否至少有一些是"表述". 但是，上面的这些解释，还是足以指出，在許多情况下，某些对象是表述，某些不是表述. 即使是这样不很满意的結果，也将在我們今后的进一步分析中，很有用处。

6.8 对表述的形式运算

对于一定的表述所进行的大部分的智力工作，例如写作或編輯文献、語言翻譯、計算等等. 这种运算手段，常常能得出新的表述. 在这些从一个表述到另一表述的运算中，我們发現一种运算——形式运算. 这是我們特别有兴趣的。

我們簡单的說，一个运算如果能满足以下各个条件，那就是形式运算：

(1) 它只是对表述进行；

(2) 它的結果常是一个表述；

(3) 为了要在語义表述中完成形式运算，不需要知道任何表述的語义要素；

(4) 为了要对表述(不管是語义表述或形式表述)进行形式运算，需要至少知道这个表述的某些造句法性质.

形式运算具有一种能够由机器(技术的相对孤立系統)来进行的特性，因此很值得我們注意. 在这种能进行形式运算的机器中，我們輸入需要形式运算的表述，而运算結果的表述，将在輸出中出現. 例如，在計数器中，我們輸入要計算的数字，而在輸出上得到答案. 当然，要建造这些形式运算的各种机器，在目前，技术上并不都是可能的，而且即使在技术上可能，从經济上考虑也并不都是合理的.

如果需要更多的例子，我們至少可以举出五个方面的智力活动，虽然它們在表面上极不相同，但是同样都存在着形式运算：

(1) 相互矛盾的信息的核对，

(2) 推理，特别是演繹推理，

(3) 数值計算，

(4) 从一种語言翻譯为另一种語言，

(5) 美术构图.

(1)—(4)将在以后两章中詳細叙述.

我們还需注意两种运算，即形式化运算和語义解釋运算.

形式化，就是在語义表述中取掉語义要素，其結果就是一个形式表述. 形式化本身，就是一种形式运算.

語义解釋，是把語义要素加进形式表述中，即：把一个形式表述轉变成語义表述(参閱文献：G.4).

6.9 語义語言、形式語言和混合的語义-形式語言

語义語言是这样一种語言(也只是这样一种語言)，它只包含語义表述(参閱第 6.4、6.5 节).

形式語言是这样一种語言(也只是这样一种語言)，它只包含形式表述(参閱第 6.7 节).

語义-形式語言是这样一种語言(也只是这样一种語言)，它包含語义与形式两种表述，也可能包含混合的語义-形式表述.

驟然看来，任何一种自然語言(即某一国家、某一种族的語言)，都是語义語言；而形式語言的概念看来是奇怪的和无用的(特别是那些不熟悉現代邏輯学的人会这样想).

事实上，自然語言中也存在着形式表述，至少有某些自然語言并不是純粹語义的，而是混合的語义-形式語言. 象会話中常常存在的无意义的表述，比如有些人說每句話时常带上的“你知道”，“这个，这个”等口头禅和一些随便編造的无意义的詞語等等，就是形式表述.

形式表述和形式語言的概念，是在关于数学基础的現代邏輯学研究中提出来的. 这个概念对控制論很有用，例如用在建立某些智力活动的模型和建立自动系統方面. 这些問題，我們将在下章簡述. 下面先举一个形式語言的例子.

假定有三个国家：A 国、B 国和 C 国．A 国在 B 国和 C 国派有大使．A 国的外交部和这两个大使有密碼信息联系．而为了某种理由，有必要更换密碼．外交部把这事交給一个适当的专家去办，但是部里不願意这个专家在将来能譯出他自己手訂的密碼．因此，外交部要求这个专家制訂一种形式語言．他設想出这种新的形式語言的許多单字，拟出这种語言的語法，特别是造句法．无論在數量和质量方面(詞类方面)，单字必須是够丰富的，以便能运用这种新語言传遞官方的通信．当专家作完了他的工作，送交这种新語言字典和文法后，外交部則不通过专家，对这种形式語言給以語义的解譯(参閱第 6.8 节)．因此，这种形式語言就变成一种語义語言或混合的語义-形式語言了．而且，外交部要造出几种不同的語义解譯，以用于不同的場合，这也是并不困难的，比如：

第一种，用于外交部給駐 B 国使館的信息，

第二种，用于駐 B 国使館給外交部的信息，

第三种，用于外交部給駐 C 国使館的信息，

第四种，用于駐 C 国使館給外交部的信息．

当然，在此以后，还可以进一步作出其它更多种类的語义解譯．

6.10 眞实表述、选出表述、必要的眞实表述

在任何語义語言中，我們可以分辨出其中的語句表述(即其中的一部分或全部是語句)．在語句表述中，我們可以区分出那些是眞实表述，即哪些表述是和事实相符合的．比如下面两个表述，都是語义語言：

(1) 华沙不是波兰的首都，

(2) 华沙是波兰的首都．

这两个例子都是語句表述．但是，只有第(2)句才是眞实表述．

从語义語言中可以分出眞实表述和其它表述来．和这件事情相似的，在形式語言中，則可以区分选出表述和其它表述．假定有一种語言，每个表述都由五个字母組成，字母不是 A 就是 B．因

此，我們就有这些表述：

AAAAA, *BBBBB*, *ABBBA*, ······等等。

我們要从这些表述中，选出其奇数字母(即第1、3、5、7···位字母)是 *B* 的表述，例如选出：

BBBBB, *BABAB*, *BBBAB*······等等。

这些按一定規則选出的，就是选出表述。

在混合的語义-形式語言中，这样的区分就更复杂一些。因为我們要区分三类表述：

(1) 眞实表述，

(2) 选出表述，

(3) 必要的眞实表述。

所謂必要的眞实表述，是指在語义-形式語言中，符合于下列两个条件的表述：(1)它由至少一个語义表述和至少一个形式表述构成，(2)經过語义解譯后(这种語言的造句法不变)，这一表述变成眞实表述。

举例：假定有一种語言 *L*, 它是由英語加上两个形式表述构成的。这两个形式表述是：

一个假拟的名詞：*woggle*,

一个假拟的不及物动詞：*diggle*.

語言 *L* 的造句法就是英語的造句法。則下面一句語言 *L* 的表述，就是一个必要的眞实表述：If *woggle diggles* then *woggle diggles* (如果 *woggle diggles* 則 *woggle diggles*)。

6.11 形式化、模型化、自动化

在本节中，不拟进一步說明形式化对研究数学基础的重要性(第6.8节)以及形式化的限制〔这是奥大利邏輯学家 K. 哥德尔(Kurt Gödel) 所首先指出的〕。我們这里只討論有关模型化的初步問題(第3.7节)。

假如要求我們建立一个某个人的智力活动的模型。这种运算往往是用某些語义語言来进行的(第6.9节)。在这里，模型化(建立模型)是并不容易的，因为这个模型需要包括这个語义表述中的

語义要素和传递要素(第 6.4、6.5 节). 我們曾經建立了这样的一个模型(第 6.6 节),但它所模拟的过程是极为简单的,而且对模型本身的論述也很肤浅.

但是,按我个人的見解,在控制論研究中,我們不应該放弃模拟用語义語言所进行的智力活动的工作. 模拟这些智力活动,乃至于模拟所有的心理过程,是控制論研究的一个极为重要的方面. 虽然現在我們还难以預計,这項工作可能扩展到什么程度. 但是,如果要模拟的智力活动过程能够簡約为具有形式运算的性质(第 6.8 节),如果这些过程的語义語言能够用形式語言代替,如果眞实表述能被选出表述代替(第6.10节);那么,把这些过程模型化的任务,就从根本上被簡化了(比如在数値計算方面已是如此). 而且,如果能够做到这样,从技术上来看,作为自动化典型的这些模型,就很容易建立了(例如,現代的程序数字計算机就是这样). 正是在这一点上,形式化和自动化就連結起来了.

第 七 章

逻辑模型

7.0 引言

本章叙述某些可簡約为形式运算的智慧功能(过程)的模型化問題．它們是：

(1) 相互矛盾的信息之核对，

(2) 算术运算，

(3) 从一种語言翻譯为另一种語言．

7.1 相互矛盾的信息之核对

在叙述到行为模型时(第五章)，我們已經注意到感受器和观察工具的不可靠性．因此，我們常常給一个感受器或观察工具加上一个添加輸入．这里就需要有一种方法，来減少由于在感受器和观察工具上添加輸入而产生的信息誤差．这种方法，当然还是統計的与概率的．虽然它并不完全可靠，但在实用上相当重要．我們这里并不詳細叙述这个方法，我們只要說，这一方法至少应遵循下列两个步驟之一：

从不同的感受器或观察工具，收集同时发生的数据；

从上述感受器或观察工具，收集連續发生的数据．

对于一組同时发生或連續发生的信息的进一步分析(这里的每一信息都有可能包括某些誤差)，取决于这些信息的特性．比如，要处理一組分别单独进行测量的結果数据，最合理的方法是求出这許多測量結果的算术平均数或中数，而不是再去作任何个別的測量．如果我們处理的是一組定性的信息数据，每一信息是“是”或“非”，則在某些情况下，最好的办法是根据多数来断定(根据肯定或否定信息之多寡)．

模拟这种形式运算并不存在任何主要的困难．这里簡述一个

由下列七个系統所构成的模型(图 7.1.0)：

(1) R_1
(2) R_2
(3) R_3
三个感受器，提供同时发生、互不依賴的独立信息，信息之間不必相互一致；

(4) C——中枢神經系統的机体，它核对 R_1、R_2、R_3 所提供的信息；

(5) D——中枢神經系統的机体，它根据核对結果作出决定；

(6) E——效应器；

(7) Obi——行动对象。

由于这个模型比較簡单，这里不詳細叙述它的功能作用，而把这項工作留給讀者自己去做。請特別注意下列三个相似的反饋的功能：

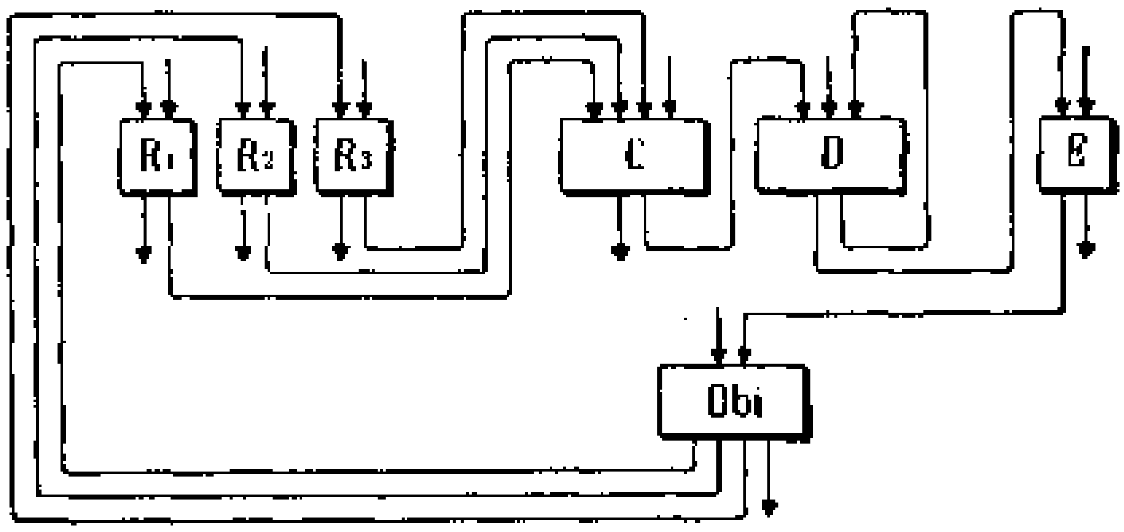


图 7.1.0 在作出决定之前，核对資料

(1) $\binom{R_1}{C},\binom{C}{D},\binom{D}{E},\binom{E}{Obi},\binom{Obi}{R_1}$;

(2) $\binom{R_2}{C},\binom{C}{D},\binom{D}{E},\binom{E}{Obi},\binom{Obi}{R_2}$;

(3) $\binom{R_3}{C},\binom{C}{D},\binom{D}{E},\binom{E}{Obi},\binom{Obi}{R_3}$.

7.2 并联核对系統

我們对前节(7.1节)的模型作某些增加的假設。首先，我們假定，三个感受器 R_1, R_2, R_3 都供給定性的信息，即肯定或否定。显而易見，这意味着在模型中，輸通 $\binom{R_1}{C},\binom{R_2}{C},\binom{R_3}{C}$ 都具有一个 0-1 状态序列(第 2.2 节)。再进一步假定，核对系統 C(它是构成模型的一部分)是經常根据多数来决定的，即輸通 $\binom{C}{D}$ 的决定函数

(第 1.9 节)可用下表表示:

表 7.2.0

輸入			輸出
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

系統 C 可以用我們早已熟悉的 0-1 系統的耦合来构成(第 2.2、2.3 节),見图 7.2.1.

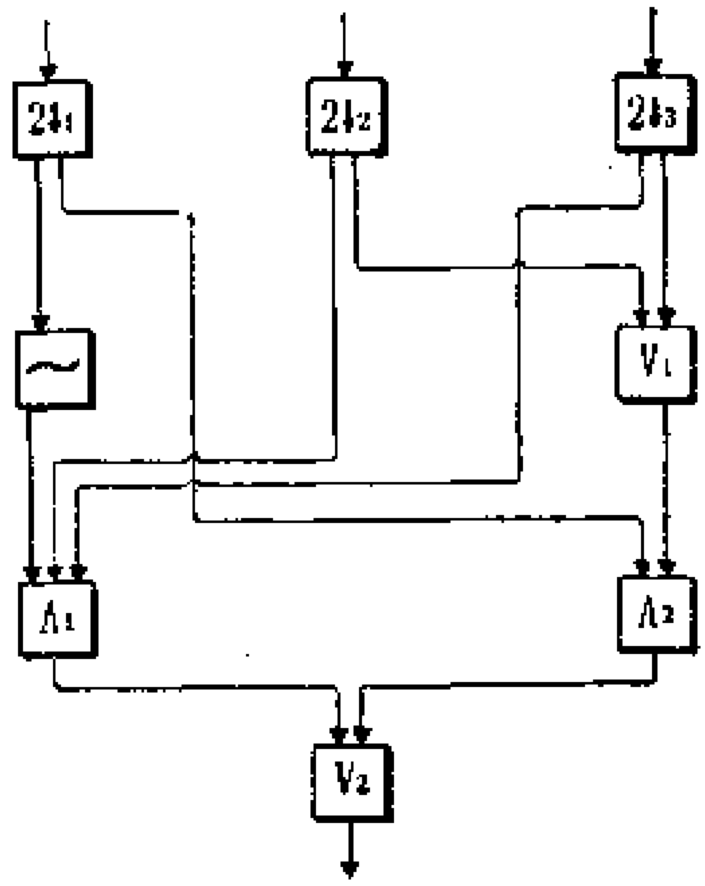


图 7.2.1 一个并联核对系統

这个模型,包括八个基本的 0-1 系統,这些系統分属于五个不同的类型,見表 7.2.2.

这五种不同类型系統的决定函数,見表 7.2.3a 至 7.2.3e.

表 7.2.2

序号	系統的数型	系　統　表	每系統的輸入数目	每系統的輸出数目	系 統 数
1	重复系統	$2\downarrow_1, 2\downarrow_2\ 2\downarrow_3$	1	2	3
2	否定系統	~	1	1	1
3	选取系統	$\vee_1, \vee_2$	2	1	2
4	合取系統	$\wedge_1$	3	1	1
5	合取系統	$\wedge_2$	2	1	1
系統总数					8

表 7.2.3a　重复系統

輸　入	輸　出
0	0
1	1

表 7.2.3b　否定系統

輸　入	輸　出
0	1
1	0

表 7.2.3c　选取系統

輸入 I	輸入 II	輸　出
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 7.2.3d 合取系統

輸入 I	輸入 II	輸　出
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

現在我們看看模型中直接串联耦合的功能．从图 7.2.1 的上半部开始，系統 $2\downarrow_1$ 和系統 ～ 直接串联耦合；系統 $2\downarrow_2$ 和系統 $2\downarrow_3$ 与系統 $\vee_1$ 直接串联耦合；因此，这个子模型(即系統 $2\downarrow_1, 2\downarrow_2, 2\downarrow_3$, ～, $\vee_1$ 所构成的模型之一部分)具有三个輸入、两个輸出：

(a) 輸入是三个重复系統 $2\downarrow_1, 2\downarrow_2, 2\downarrow_3$,

(b) 輸出是否定系統 ～，选取系統 $\vee_1$.

因此，我們要处理两个决定函数，已列于 7.2.3a, 7.2.3b,

表 7.2.3e 有三个輸入的合取系統

輸入 I	輸入 II	輸入 III	輸出
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

表 7.2.4

系統的輸入			系統的輸出	
$2\downarrow_1$	$2\downarrow_2$	$2\downarrow_3$	~	$\vee_1$
0	0	0	1	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

表 7.2.5

系統的輸入			系統的輸出	
$2\downarrow_1$	$2\downarrow_2$	$2\downarrow_3$	$\wedge_1$	$\wedge_2$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

7.2.3c 三表中，这三个表的結果可归納为表 7.2.4.

現在，上面所討論的子模型，与系統 $\wedge_1$, $\wedge_2$ 耦合。它同样有三个輸入，以及两个輸出(一个是合取系統 $\wedge_1$ 的，一个是合取系統 $\wedge_2$ 的)。这一更大的子系統的輸出之决定函数，列在表 7.2.5 上(这些决定函数的計算，在表 7.2.4 和表 7.2.3e、表 7.2.3d 和图 7.2.1 的基础上，是很易求出的)。

最后一个步驟，是把刚才讲的子模型和选取系統 $\vee_2$ 串联耦合．这就构成了整个模型．模型是一个 0-1 系統，具有三个輸入(重复系統 $2\downarrow_1$, $2\downarrow_2$, $2\downarrow_3$)，一个輸出 (选取系統 $\vee_2$)。輸出的决定函

数，是三个有爭論(互相矛盾)的函数，現在列于表 7.2.6 中(此表可由表 7.2.5,7.2.3c 及图 7.2.1 求得)。

如果我們把表7.2.6和表7.2.0相比較，就可以証明，图7.2.1所示的系統，正是我們所要建立的从三个有矛盾的信息("是"或"非")中加以核对的核对系統 C。

表 7.2.6

系統的輸入			系統的輸出
$2\downarrow_1$	$2\downarrow_2$	$2\downarrow_3$	V_2
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

7.3 二进位系統

在模拟計算工作以前，让我們先回顾一下在小学里早已学过的东西。那时，我們学习十进位的自然数的記数法。

(1) 我們写下十个自然数：0,1,2,3,4,5,6,7,8,9。这就是十进位数的十个数字。

(2) 在十进位制中，每一个自然数是按列写下来的。数列的順序是从右到左(这本来是閃族語言*的书写順序，中世紀的欧洲，在記数法上，沿用了这个順序)。

(3) 每列的位置，就确定了写在这位置上数字的单位，它是"十"的第几次方(其指数等于列序数减 1)。即：

列序	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
該列数字的单位	十的三次方	十的二次方	十的一次方	十的零次方

* Semitic，閃族的語言，如古希伯来語、阿拉伯語等。——譯者註

即第Ⅰ列数字的单位是个位，第Ⅱ列数字的单位是十，第Ⅲ列数字的单位是百，第Ⅳ列数字的单位是千等等.

(4) 每一个自然数，都能表示为十进位数字与其所处列数的单位之乘积，即：

$$C_k Ⅹ^{k-1}+C_{k-1}Ⅹ^{k-2}+\cdots+C_2Ⅹ^1+C_1Ⅹ^0 \qquad (a)$$

請注意，这里 $C_1, C_2\cdots C_{k-1}, C_k$，都是十进位数中的数字，$Ⅹ^0, Ⅹ^1,\cdots Ⅹ^{k-2}, Ⅹ^{k-1}$ 是指十的几次方(Ⅹ不是 x，是十的罗馬数字符号).

(5) 象上述(a)式的写法，就太麻煩了. 因此，采取比較簡化的形式是：

$$\left.\begin{array}{llllll}\text{列数} & k & k-1 & \cdots\text{Ⅱ} & \text{Ⅰ}, \\ \text{单位} & Ⅹ^{k-1} & Ⅹ^{k-2} & \cdots Ⅹ^1 & Ⅹ^0, \\ \text{数字} & C_k & C_{k-1} & \cdots C_2 & C_1;\end{array}\right\} \qquad (b)$$

更簡化一步，就是我們平常写的十进位制記数法：

$$C_k C_{k-1}\cdots C_2 C_1 \qquad (c)$$

如果以上述十进位制作基础，同理，任何一种 n 进位制(n 是大于 1 的自然数)的記数法則为：

(1) 我們列出基本自然数 0, 1, $\cdots n-1$. 这些数字就是 n 进位数字.

(2) 每一个 n 进位的自然数，都按列书写，列的順序是从右到左的，如Ⅳ，Ⅲ，Ⅱ，Ⅰ.

(3) 每一列的位置，确定写在此列位置上的数字是 n 的几次方(指数等于列数减 1). 即：

列	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
单位	n^3	n^2	n^1	n^0

(4) 每一自然数可写为 n 进位数的数字乘上該列单位数之乘积，即：

$$C_k n^{k-1}+C_{k-1}n^{k-2}+\cdots+C_2 n^1+C_1 n^0, \qquad (a)$$

(5) 上述的写法太长了，可以简化一点：

$$
\left.\begin{array}{llll}
\text{列} & k & k-1\cdots\text{II} & \text{I}, \\
\text{单位} & n^{k-1} & n^{k-2}\cdots n^{1} & n^{0}, \\
\text{数字} & C_k & C_{k-1}\cdots C_2 & C_1;
\end{array}\right\} \tag{b}
$$

进一步簡化則为：

$$C_kC_{k-1}\cdots C_2C_1 \tag{c}$$

如果在上述規則中，我們采用 $n=2$，即可得到二进位制数系。这种二进位只有两个数字——0，1。我們知道，二进位制正好与 0-1 系統（第2.2节）以及輸入、輸出的二元化（第2.5节）相一致。这就是为什么二进位制能在控制論中得到广泛应用的緣故。

当然，二进位制也有弱点：数字写起来太长了。从表 7.3.0 可以看到，在十进位制中，記录"十"只需要写两个数字(10)，而在二进位制中，就要写四个数字(1010)；記录一个"一百"，十进位制中写三个数字(100)，而在二进位制中，要写七个数字(1100100)；記录"一千"，十进位制中要四个数字(1000)，而在二进位制中，则要写十个数字(1111101000)。

表 7.3.0

罗馬記数制	十进位制	二进位制
	0	0
I	1	1
II	2	10
III	3	11
IV	4	100
V	5	101
VI	6	110
VII	7	111
VIII	8	1000
IX	9	1001
X	10	1010
…	…	……
C	100	1100100
…	…	……
M	1000	1111101000

但是，二进位制的优点（比如，在下节中要讲到的"算术运算表"之异常簡单），很显然地超过了上述的弱点。

不久以前，两个波兰的青年数学家Z.泡腊克(Z. Pawlak)和A.华庫里契(A. Wakulicz)首次提出负二进位制（参閱文献PW），即：各列数字单位为－2的連續乘方。由于这种－2进位制在建立程序数字計算机方面的价值，它可能成为与标准的二进位制相竞爭的一种数系。

7.4 算术运算

一切实用的算术（例如自然数的四个基本运算），都是很容易形式化的。构成自然数的加法、减法、乘法、除法表的方程式語言，以及这些基本运算的結果，都可以作为形式語言处理。这些基本的方程式可以看作是选出表述（第6.9,6.10节）。这一事实，使算术計算的模型化和自动計算机的建造得到很大的便利（第6.11节）。

要建立二进位制自然数的算术运算模型是特别容易的。但是，建立模型的人必須很熟悉模型对象的任何运算，因此，本节要介紹二进位制自然数的計算原理。这些計算比十进位制計算簡便得多了。我們从二进位制的一位数字計算开始。

(1) 两个二进位制的一位数字之加法表：

$$0+0=0=00,\quad 1+0=1=01,$$
$$0+1=1=01,\quad 1+1=10=10.$$

(2) 两个二进位制的一位数字之乘法表：

$$0\cdot 0=0,\quad 1\cdot 0=0,$$
$$0\cdot 1=0,\quad 1\cdot 1=1.$$

(3) 两个二进位制的一位数字之减法表：

$$0-0=0,$$
$$1-0=1,$$
$$1-1=0.$$

(4) 两个二进位制的一位数字之除法表：

$$0\div 1=0,$$
$$1\div 1=1.$$

如果我們要把两个二进位制多位数字相加起来，我們需要运用三个二进位制一位数字的加法表．这个加法表是：

$$0+0+0=0=00,\quad 1+0+0=1=01,$$
$$0+0+1=1=01,\quad 1+0+1=10=10,$$
$$0+1+0=1=01,\quad 1+1+0=10=10,$$
$$0+1+1=10=10,\quad 1+1+1=11=11.$$

如果我們要进行两个二进位制多位数字的相乘，則需要：

(1) 二进位制的一位数字之乘法表；

(2) 加倍的方法(在被加倍的数字之右方写上一个 0)；

(3) 两个二进位制的多位数字之加法表．

現在，我們来看看两个二进位制的三位数字的相加：101＋111．

在相加时，我們要先把这两个数字这样写下来：

列	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
已进位数	…	…	…	…
第一个被加数	…	1	0	1
第二个被加数	…	1	1	1
和　数	…	…	…	…
进 位 数	…	…	…	…

我們从第Ⅰ列加起．第Ⅰ列的进位数当然是0，因为我們刚刚开始．因此，第Ⅰ列的相加是：

$$0+1+1=10$$

或写为：

	第Ⅰ列
已进位数	0
第一个被加数	1
第二个被加数	1
第Ⅰ列的和数	0
将进位数	1

第Ⅱ列的加法(注意,从第Ⅰ列进来了一个进位数1):

$$1+0+1=10$$

或写为:

	第Ⅱ列
已进位数	1
第一个被加数	0
第二个被加数	1
第Ⅱ列的和数	0
将进位数	1

第Ⅲ列的加法(注意,从第Ⅱ列进来了一个进位数1):

$$1+1+1=11$$

或写为:

	第Ⅲ列
已进位数	1
第一个被加数	1
第二个被加数	1
第Ⅲ列的和数	1
将进位数	1

第Ⅳ列的加法(注意,从第Ⅲ列进来了一个进位数1):

$$1+0+0=01$$

或写为:

	第Ⅳ列
已进位数	1
第一个被加数	0
第二个被加数	0
第Ⅳ列的和数	1
将进位数	0

上面的四个列的加法,可合併写成:

列	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
已进位数	1	1	1	0
第一个被加数	0	1	0	1
第二个被加数	0	1	1	1
和　　数	1	1	0	0
将进位数	0	1	1	1

写成式子是：101＋111＝1100.

讀者可以自己尝試进行二进位制多位数字的乘法.

7.5 串联加法系統

图7.5.0是一个用二进位制工作的串联加法模型．模型是0-1系統．表7.5.1列出了組成这一模型的十七个基本系統（分属于六种不同类型）．这样，这个模型比本书以前各个模型都复杂得多．各个系統的决定函数列举在表7.5.2a至7.5.2f中．

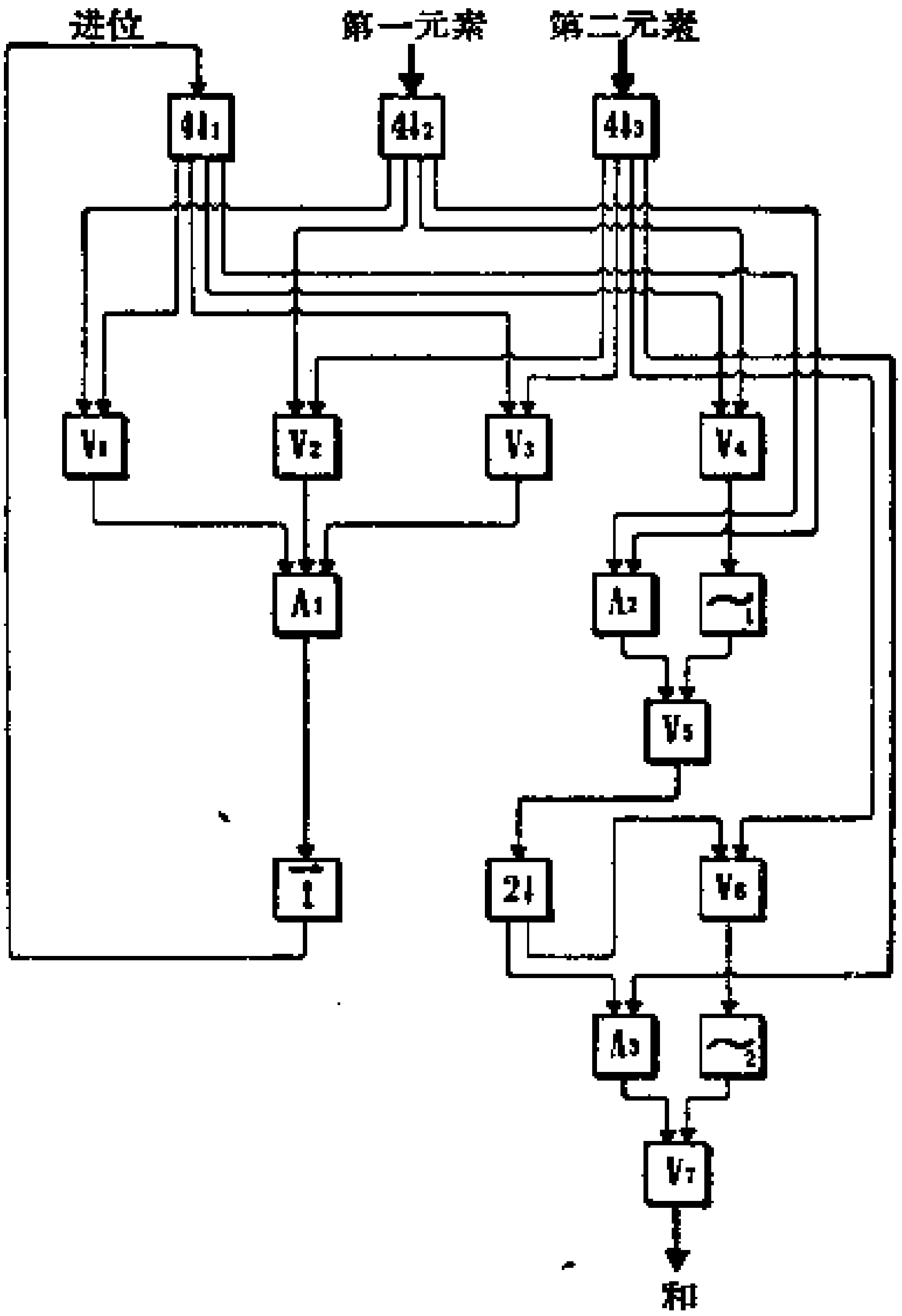


图 7.5.0　一个串联加法系統

現在让我們看看构成模型的十七个串联耦合系統.

首先，我們应該注意三个四重重复系統：$4\downarrow_1$，$4_{\vee 2}$，$4\downarrow_3$，

表 7.5.1

序号	系統类型	系統表	每系統的輸入数目	每系統的輸出数目	系統数目
1.	四重重复系統	$4\downarrow_1$, $4\downarrow_2$, $4\downarrow_3$	1	4	3
2.	二重重复系統	$2\downarrow$	1	2	1
3.	否定系統	$\sim_1$, $\sim_2$	1	1	2
4.	延滞系統	$\vec{1}$	1	1	1
5.	选取系統	$\vee_1$, $\vee_2$, $\vee_3$, $\vee_4$, $\vee_5$, $\vee_6$, $\vee_7$	2	1	7
6.	合取系統	$\wedge_2$, $\wedge_3$	2	1	2
7.	合取系統	$\wedge_1$	3	1	1
系統总計					17

表 7.5.2a
(重复系統)

輸入	輸出
0	0
1	1

表 7.5.2b
(否定系統)

輸入	輸出
0	1
1	0

表 7.5.2c
(延滞系統)

瞬时 I 的輸入	瞬时 II 的輸出
0	0
1	1

表 7.5.2d (选取系統)

輸入 I	輸入 II	輸出
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 7.5.2c (合取系統)

輸入 I	輸入 II	輸出
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

与以下七个系統：$\vee_1$, $\vee_2$, $\vee_3$, $\vee_4$, $\vee_6$, $\wedge_2$, $\wedge_3$ 的直接耦合。它們的輸出的决定函数列于表 7.5.3 中。

表 7.5.4 表示一个更大的子模型的輸出之决定函数，这个子模型，除上述系統外，还包括 $\wedge_1$, $\wedge_2$, $\sim_1$ 系統.

我們現在把下列系統加到子模型去：(a)延滞系統 $\vec{1}$，(b)选取

表 7.5.2 f （有三个輸入的合取系統）

輸 入 Ⅰ	輸 入 Ⅱ	輸 入 Ⅲ	輸 出
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

表 7.5.3

系統的輸入			系統的輸出							
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$\vee_1$	$\vee_2$	$\vee_3$	$\vee_4$	$\binom{4\downarrow_1}{\wedge_2}$	$\binom{4\downarrow_2}{\wedge_2}$	$\binom{4\downarrow_3}{\vee_6}$	$\binom{4\downarrow_3}{\wedge_3}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

系統 $\vee_5$。这样，这一个扩大了的子模型就有三个輸入、四个輸出，三个輸入是：四重重复系統$4\downarrow_1$，$4\downarrow_2$，$4\downarrow_3$的輸入．四个輸出是：(a)时滞系統$\begin{pmatrix}\overrightarrow{1}\\4\downarrow_1\end{pmatrix}$，(b)选取系統$\begin{pmatrix}\vee_5\\2\downarrow\end{pmatrix}$，(c)四重重复系統$\begin{pmatrix}4\downarrow_3\\\vee_6\end{pmatrix}$，(d)四重重复系統$\begin{pmatrix}4\downarrow_3\\\wedge_3\end{pmatrix}$．这些輸出的决定函数，列于表7.5.5中。

下一步，再加上两个基本系統：

(a) 四重重复系統 $4\downarrow_1$（在这里，必須考虑在已构成的反饋耦合中的时滞）；

(b) 双重系統 $2\downarrow$。

表7.5.4

系统的输入			系统的输出				
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$\wedge_1$	$\wedge_2$	$\sim_1$	$\binom{4\downarrow_3}{\vee_6}$	$\binom{4\downarrow_3}{\wedge_3}$
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1

表 7.5.5

系统的输入			系统的输出			
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$\overrightarrow{1}$	$\vee_5$	$\binom{4\downarrow_3}{\vee_6}$	$\binom{4\downarrow_3}{\wedge_3}$
瞬时I			瞬时II	瞬时I		
0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1

现在，这个新的子模型就有两个輸入，即四重重复系統 $4\downarrow_2$，$4\downarrow_3$的輸入；有四个輸出，即：

$$\binom{2\downarrow}{\wedge_8},\ \binom{4\downarrow_3}{\wedge_3},\ \binom{2\downarrow}{\vee_6},\ \binom{4\downarrow_8}{\vee_6};$$

还有两个自我耦合，即：

$$\text{(a)}\ \binom{4\downarrow_1}{\vee_1},\ \binom{\vee_1}{\wedge_1},\ \binom{\wedge_1}{\overrightarrow{1}},\ \binom{\overrightarrow{1}}{4\downarrow_1},$$

(b) $\begin{pmatrix}4\downarrow_1\\ \vee_3\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\vee_3\\ \wedge_1\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\wedge_1\\ \overrightarrow{1}\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\overrightarrow{1}\\ 4\downarrow_1\end{pmatrix}$.

这些輸出的决定函数，列于表 7.5.6 中。

表 7.5.6

系統的輸入				系統的輸出			
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$4\downarrow_1$	$\begin{pmatrix}2\downarrow\\ \wedge_3\end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix}4\downarrow_3\\ \wedge_3\end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix}2\downarrow\\ \vee_6\end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix}4\downarrow_3\\ \vee_6\end{pmatrix}$
瞬时 I			瞬时 II	瞬时 I			
0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1

在这个基础上，我們再加上两个基本系統：(a) 合取系統 $\wedge_3$，(b)选取系統$\vee_6$，則輸入和子模型的自我耦合仍然不变，但輸出的数字减少到两个：$\begin{pmatrix}\Diamond_3\\ \vee_7\end{pmatrix}$，$\begin{pmatrix}\vee_6\\ \sim_2\end{pmatrix}$。共决定函数見表7.5.7。

我們再把否定系統$\sim_2$加入上述子模型中，这将影响子模型的輸出之一，这个輸出即变成$\begin{pmatrix}\Diamond_3\\ \vee_7\end{pmatrix}$，$\begin{pmatrix}\sim_2\\ \vee_7\end{pmatrix}$。共决定函数見表 7.5.8。

最后一步，是加上选取系統 $\vee_7$，那么整个模型就算完成了。表7.5.9列出了模型的輸出和自我耦合的决定函数(模型的輸出就是这最后一步加上的选取系統 $\vee_7$ 的輸出)。請讀者小心比較表 7.5.9 和第 7.4 节所叙述的三个二进位制一位数字的加法表，讀者将会发現，两个表是完全相同的。

上面这个模型，如果我們用继电器或电子設备把它建造起来以后，就构成一个串联加法系統。它的使用方法是：

(1) 我們記下需要相加的两个多位的二进位数字(第7.3节)。

(2) 在瞬时 0 时，我們检查一下，时滞系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸入是否是

表 7.5.7

系統的輸入			系統的輸出		
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$4\downarrow_1$	$\wedge_3$	$\vee_6$
瞬时 I			瞬时 II	瞬时 III	
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

表 7.5.8

系統的輸入			系統的輸出		
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$4\downarrow_1$	$\wedge_3$	$\sim_2$
瞬时 I			瞬时 II	瞬时 I	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

0. 如果是，則：

(3) 在瞬时 I，我們把被加数 I 的第 I 列数字輸进系統 $4\downarrow_2$ 中；同时，把被加数 II 的第 I 列数字輸进系統 $4\downarrow_3$ 中（在系統 $4\downarrow_1$ 的輸入中，进位数是 0），我們立即得到：

(a) 在模型的輸出中（即选取系統 $\vee_7$ 的輸出），得到和数的第 I 列数字；

表 7.5.9

系統的輸入			系統的輸出	
$4\downarrow_1$	$4\downarrow_2$	$4\downarrow_3$	$4\downarrow_1$	$\vee_7$
瞬时 I			瞬时 II	瞬时 I
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

(b) 在延滯系統 1 的輸入中，进到第 II 列的数字.

(4) 在瞬时 II，从第 I 列进位的数字(經过系統 $\overrightarrow{1}$ 的时滞)，在系統 $4\downarrow_1$ 的輸入中出現，我們把第一个被加数的第 II 列数字，輸入到系統 $4\downarrow_2$ 中，把第二个被加数的第 II 列数字，輸入到系統 $4\downarrow_3$ 中。这时，我們立即得到：

(a) 在模型的輸出中，我們得到和数的第 II 列数字；

(b) 在延滯系統 $\overrightarrow{1}$ 的輸入中，进位数字进到第 III 列.

(5) 按上述程序，連續进行，达到加法做完为止.

讀者可以拿第7.4节中二进位制多位数字的加法例題作复习，不要依靠表 7.5.9 的帮助，而是直接从图 7.5.0 模型和基本 0-1 系統的决定函数作推演，一步一步地小心地作完这个练习. 这样做，也許有点麻煩吃力，但却是非常有教益的练习(參閱文献 B. 1, G. 2, G. 12, GBM, P. 1).

7.6 从一种語言到另一种語言的形式翻譯

我們在上面就讲过，从一种語言翻譯为另一种語言，通常都可以当作一种形式运算. 但是这种推論，我們在前面还未作过任何証明. 这个問題十分重要. 因为如果翻譯是一种形式运算，那么，就能够相当容易地用无生命的技术事物来給翻譯工作建立模型

了.

这些模型的建立肯定是可能的．因为机器翻譯的实驗已經做过不少。当然,这些实驗，即令是对于很有学問的人来說，也是有点神秘的．因为他們一般还沒有充分认識到这些翻譯机器的形式特性．所以在这里,我們需要較詳細地解释一下.

让我們設想，有一个用 A 語言写成的文件,需要把它譯为 B 語言．担任翻譯的人,对 A 語言和 B 語言的任何一个表述都不懂得(既不懂 A 語,又不懂 B 語)，他只懂得 C 語言(这里，C 語可称为元語言)．这位翻譯者有以下三个工具：(1)一本 A—B 字典，(2)一本用 C 語写的关于 A 語的語法,(3)一本用 C 語写的 B 語的語法.

这位翻譯者的工作可以这样进行：

(1) 他閱讀 A 語的一句句子(他并不懂得它的意思),并运用 A 語語法(用 C 語写成的 A 語語法,因此他是可以理解的),从造句法的观点来分析这个句子.

(2) 在进行造句法分析的基础上,运用 A—B 字典所提供的資料,他从 B 語中选出相当于这个句子的表述.

(3) 运用 B 語語法的帮助(用 C 語写成的 B 語語法,他是可以理解的),并有了以上的分析,他从已选出的 B 語的相应表述中,他就能够用 B 語譯出上述句子．至此,从 A 翻为 B 的过程就完成了.

上面这点解释,可能是太抽象費解了．因此,我們在下面举四个大为簡化了的实例.

7.7 翻譯例一*

我們要打交道的是三种語言：A, B, C.

A 語只包括以下簡单表述：*Abari*, *Amadi*, *adinir*, *abikik*, *ak*. B 語也只包括以下簡单表述：*Begaso*, *Bemado*, *bedinor*, *bezikor*, *bel*.

A—B 字典如表 7.7.0.

* 这四个例子中的 A 語、B 語、B' 語、C 語都是虛构的.——譯者註

表 7.7.0

A	*B*
Abari	*Begaso*
adinir	*bedinor*
ak	*bel*
Amadi	*Bemado*
abikik	*bezikor*

在本例中，元語言 *C* 語就是本书所用的汉語。我們用元語言来解説 *A* 語 *B* 語的語法。

A 語的語法，包括五条詞类分类規則和三条造句法規則。

詞类分类規則是：

7.7.1 A "*Abari*" 是名詞，

7.7.2 A "*Amadi*" 是名詞，

7.7.3 A "*adinir*" 是不及物动詞，

7.7.4 A "*abikik*" 是及物动詞，

7.7.5 A "*ak*" 是句子的連接詞。

造句法規則是：

7.7.6 A 包括不及物动詞的簡单句子，其造句公式是：

[名詞/主語]共后接[不及物动詞/謂語]

7.7.7 A 包括及物动詞的簡单句子，其造句公式是：

[名詞/主語]共后接[及物动詞/謂語]共后接[名詞/补語]

7.7.8 A 复合句的造句公式是：簡单句—連接詞—簡单句

B 的語法，也是包括五个詞类分类規則和三个造句法規則。詞类分类規則是：

7.7.1 B "*Begaso*" 是一个名詞，

7.7.2 B "*Bemado*" 是一个名詞，

7.7.3 B "*bedinor*" 是一个不及物动詞，

7.7.4 B “*bezikor*” 是一个及物动詞，

7.7.5 B “*bel*” 是句子連接詞。

B 語的造句法公式是：

7.7.6 B 包括不及物动詞的簡单句子公式：

[不及物动詞 / 謂 語]其后接[名詞 / 主語]，

7.7.7 B 包括及物动詞的簡单句子公式：

[及物动詞 / 謂語]其后接[名詞 / 主語]其后接[名詞 / 补語]，

7.7.8 B 复合句的公式：

連接詞—簡单句—簡单句

这样，我們就已經有了一切必要的資料。我們的任务是把下列三句 *A* 語譯成 *B* 語：*Amadi adinir*. *Abari abikik Amadi ak Abari adinir*. *Amadi abikik Abari*.

我們看出，第一句是包括不及物动詞的簡单句，第三句是包括及物动詞的簡单句。第二句是复合句，由两簡单句組成，前者包括及物动詞，后者包括不及物动詞。

先譯第一句。从 *A*—*B* 字典，*Amadi*—*Bemado*, *adinir*—*bedinor*, 并根据 *B* 語語法（7.7.2 B，7.7.3 B，7.7.6 B），可譯出：*Bedinor Bemado.*

再譯第二句。从 *A*—*B* 字典，*Abari*—*Begaso*, *abikik*—*bezikor*, *Amadi*—*Bemado*, *ak*—*bel*, *Abari*—*Begaso*, *adinir*—*bedinor*. 根据 *B* 語語法（7.7.1 B, 7.7.4 B, 7.7.2 B, 7.7.5 B, 7.7.3 B, 7.7.7 B, 7.7.6 B, 7.7.8 B），可譯出：*Bel bezikor Begaso Bemado bedinor Begaso*.

第三句。从 *A*—*B* 字典，*Amadi*—*Bemado*, *azikik*—*bezikor*, *Abari*—*Begaso*, 并根据 *B* 語語法（7.7.2 B, 7.7.4 B, 7.7.1 B, 7.7.7 B）可譯出：*Bezikor Bemado Begaso*.

这样，虽然我們完全不懂 *A* 語和 *B* 語的任何一个字，也能把 *A* 語譯成 *B* 語。

讀者也許会提出异議，这个例子之所以能証明翻譯是一种形

式运算，只是因为所列举的語言太簡单了。特别是，他或許会注意到，这里的簡化是和他自己的語言經驗不一致的：第一，两种語言都缺乏詞形变化；第二，$A—B$ 字典都是一对一的，这就排除了同样一个字在不同文句中具有不同意义的可能性。

因此，在下面，我們还要举出一些更复杂、更有趣、同时也是更困难的例子。

7.8 翻譯例二

我們現在要对付三种語言 A', B, C。B 和 C 与前节所讲的完全一样。$A'—B$ 字典也和前节的 $A—B$ 字典完全一样，即 A' 語的表述与 A 語相同，它們的詞类分类也是一样。不同之处，就是造句法規則不同。

7.8.0 包括一个名詞和一个不及物动詞的簡单句子，詞的順序是任意的。

7.8.1 两个名詞和一个及物动詞所构成的簡单句子，其詞順是任意的，但是：(a)主語的字尾应加"p"，(b)补語的字尾应加"r"。

7.8.2 复合句的造句法公式是：簡单句—連接詞—簡单句。

現在，請讀者把下列三句 A' 語的句子，譯成 B 語：

Adinir Amadi.

Amadir Amadip abikik ak abari adinir.

Abikik Amadip Amadir.

7.9 翻譯例三

現在我們来看这三种語言：A, B' 和 C。A 和 C 与前节所叙述的相同。B' 的表述，部分地与 B 相同，其内容是：

1. 四个名詞：*Begaso*, *Bugaro*, *Bemado*, *Bumaro*,
2. 两个不及物动詞：*bedinor*, *begunor*,
3. 两个及物动詞：*bezikor*, *begukor*,
4. 两个連接詞：*bel*, *beg*.

B' 語的造句法与 B 的相同。

$A—B'$ 字典如表7.9.0所示。

这样，字典就不是一对一的了。我們怎样进行形式翻譯呢？让

表 7.9.0

A	*B'*
Abari	(1) *Begaso*, (2) *Bugaro*
adinir	(1) *bedinor*, (2) *begunor*
ak	(1) *bel*, (2) *beg*
Amadi	(1) *Bemado*, (2) *Bumaro*
abikik	(1) *bezikor*, (2) *begukor*

我們回到刚才要翻譯的三句 *A* 語句子（要譯成 *B* 語）：*Amadi adinir*. *Abari abikik Amadi ak abari adinir*. *Amadi abikik Abari*.

在这种情况下，我們仍然能够作不完全的翻譯．比如对第一句，我們可以写出待选取的譯文：

謂語："*bedinor*" 或 "*begunor*"，

主語："*Bemado*" 或 "*Bumaro*".

（讀者可試譯其它两个句子）.

这样譯出以后，下一步怎样进行呢？在这种情况下，我們可做之事就到此为止了（因为进行选择就不是一种形式运算了）．于是，有些讀者会反駁說，这样的翻譯有什么用处呢？請听两点解释：

(1) 即使在这个簡化例子中，也証明了它在实用上的意义．比如我們要把一篇法文的物理学文章譯成英文．翻譯机器所送出的是象表 7.9.0 字典那样的待选取的譯文．因此，我們拿到的是一篇不完备的譯文，其中包括着过量的英語詞汇．例如，法文的 *cloche*，翻譯机器譯出了 *bell/rascal* 两个英文字眼（英語：鈴/坏蛋）．这样一篇不完备的譯文，送給一个英国物理学家（假設他一点也不懂法文），他只需簡单地剔除那些不合适的英文字，作一些文体上的校正，这就可以得出一个英譯文（当然，我們要假定，法文的原文不是文学味道很重的和包含很多俗語的）．

(2) 本节所討論的例子，也沒有排除翻譯基本上是一种形式

运算的論断．我們只是需要一本較好的字典．让我們在下面尝試去准备这样的字典．

7.10 翻譯例四

我們的任务，和上节的例题一样，把 A 語的句子譯成 B' 語的句子．我們要首先准备更詳細的 A—B' 字典．这个字典如表 7.10.0．

表 7.10.0

A 語	B' 語	相应的必要条件与充分条件
Abari	*Begaso*	在簡单句子中，与 *adinir* 連用
	Bugaro	在其余情况下使用
adinir	*bedinor*	在簡单句子中，与 *Abari* 連用
	begunor	在其余情况下使用
ak	*bel*	用于連結两个簡单句子，第一句包括有及物动詞者
	beg	在其余情况下使用
Amadi	*Bemado*	在簡单句子中，与 *Abari* 連用
	Bumaro	在其余情况下使用
abikik	*bezikor*	在簡单句子中，其主語应为 *Amadi*
	begukor	在其余情况下使用

有了这个字典，讀者就能正确譯出上节的三个例句(从 A 譯为 B')．这个事实将能肯定翻譯工作基本上是形式运算这一推断．

有些讀者会提出意見，按照表 7.10.0 的原則来准备字典，如果要处理的是自然語言时，那么，工作量将是特別巨大的．这个意見无疑是对的(参閱文献 M.1，W.3)．

7.11 結語

如果我們在这里进一步叙述能够进行翻譯工作的 0-1 系統的建造，叙述邏輯机的原理，这当然是很有意义的．可惜这些内容将超出本书的范围，我們这儿略去不說(請讀者自己参閱文献 B.1，G.10，S.3)．

第 八 章

經济模型

8.0 引言

本章将简要闡述应用控制論概念来建立經济模型的問題（这些概念是在本书第一、二章中就叙述了的）。第一步，我們讲述生

产的各个因素(原料、半成品、各种形态的动力供应、劳动力),它的基本的物质輸出是工厂的生产品. 另外一个添加的輸出, 則包括在給定生产周期完毕后,上述生产各因素所遗留的数量(如剩余的原料、动力).这个添加的輸出同时又是这系統的添加輸入(这就是一种自我耦合). 除了物质的輸入和輸出之外,在系統中还有信息的輸入和輸出. 信息輸入包括: 工厂从国民經济計划中得到的指令輸入(这是社会主义經济的特点),以及工厂所接到的信貸通知等等。信息輸出则包括工厂送出的关于工厂活动的报告, 以及工厂关于支付信貸的票券等等.

消費的模型, 大部分是和生产模型相对应的. 每一个消費集团都可以看作是一个进向系統. 按照研究目的之不同, 消費集团可以是一个家庭, 也可以一直到整个国民經济的一切消費者. 在这种情况下,基本的物质輸入,是給定的消費系統接受供应給它的消費品. 基本的物质輸出,是人力——消費的結果. 这里同样有自我耦合,即:不是当时消費掉的耐用消費品、系統所产生的人力、以及为满足消費者需要而預备的訂貨.

8.2 貿易

任何具有規定价格的市場, 都可以用进向系統表示. 它的主要輸入是:表明购买力的貨币数量的輸入(需要),表明可供給的商品量的輸入(供应),以及关于价格表的信息輸入. 它的主要輸出是:表示购买商品的貨币量的輸出(加上由于供貨不足的未被使用的貨币量),表示銷售收入貨币量的輸出(加上由于缺乏需要而未銷售的商品). 通常,还有一个或多个信息輸出, 是传递关于貿易事务的信息(在社会主义制度下,是計划委員会或物价委員会的报告).

图 8.2.0 表明一个具有規定价格的市場之最簡单的模型. 模型包括四个进向系統的耦合,即:(a)各购买者,(b)各銷售者,(c)价格委員会,(d)交易办事机构(見图 8.2.0).

下列三个反饋,是可以立刻看出来的:

(1) $\begin{pmatrix}\text{购　买　者}\\ \text{交易办事机构}\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\text{交易办事机构}\\ \text{购　买　者}\end{pmatrix}$;

(2) $\begin{pmatrix}\text{銷　售　者}\\ \text{交易办事机构}\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\text{交易办事机构}\\ \text{銷　售　者}\end{pmatrix}$;

(3) $\begin{pmatrix}\text{价格委員会}\\ \text{交易办事机构}\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\text{交易办事机构}\\ \text{价格委員会}\end{pmatrix}$.

已經习惯于分析这种图解的讀者，一定还会在这样一个最普通的模型里，发現其它更复杂一些的回路.

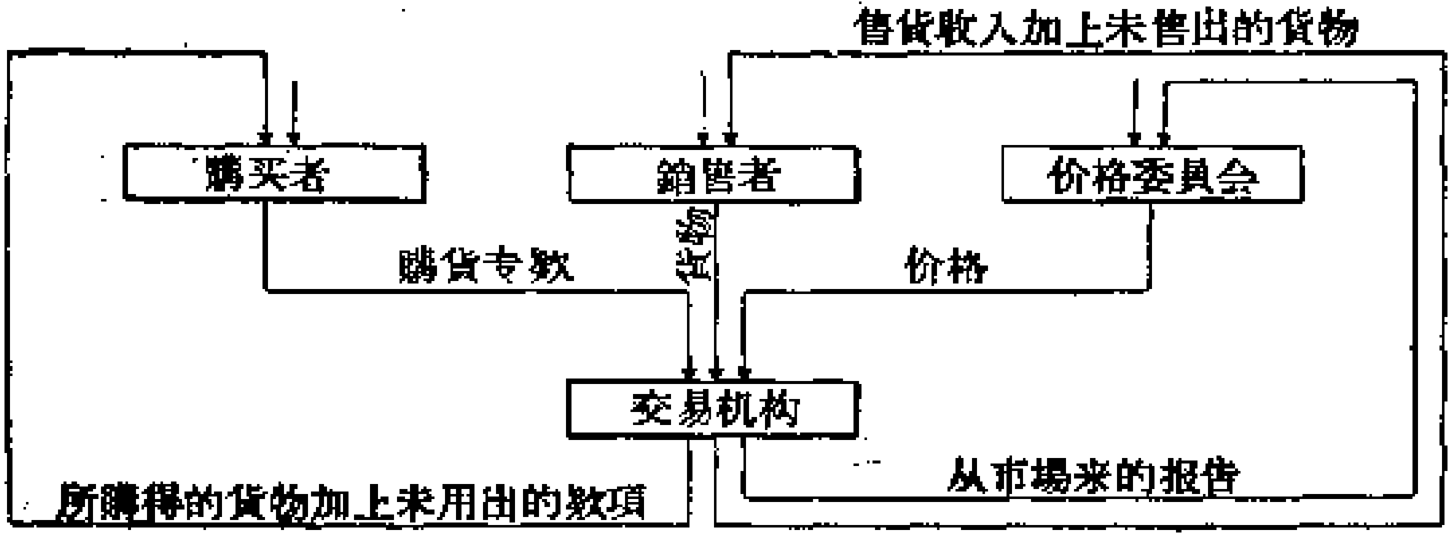


图 8.2.0　交易系統的耦合

8.3　計划和报告

每一个計划单位，不論其工作范围的大小，都可以用进向的信息系統来表示：所有的报告，是这个系統的輸入；所有的指令，是这个系統的輸出. 輸出和輸入都是信息.

在較为詳尽的模型中，应該考虑这样一件事实：它所收到的报告資料，并不都是充分可靠的(例如，特别是关于那些执行計划的各种数据資料). 因此，在模型中，应該核对在各个报告中互相矛盾的資料(第 7.1、7.2 节). 看来，应該在模型中有一个单独的报告系統，和計划系統串联耦合. 这两个系統，都是信息系統.

在模型已經根本簡化的情况下，对报告系統或計划系統的輸出的决定函数，作出数学上的描述(用分析法或矩陣法)，是可能做到的. 这就提供了理論研究上的一个极有希望的領域.

和这些有关的，我們应当說明計划系統的三种簡化了的类型：

(1) 无反应的計划系統：这是一种原始的与"頑固"的系統，每一个輸出的决定函数，常常是一个常数函数，輸入的状态对任何輸

出状态几乎毫无影响．在我們所观察的时期內，这个計划系統坚持着一个完全不变的計划，而不管收到的报告如何情况．驟然看来，这样的一个概念是荒謬无用的，实际生活里并不存在这样一个系統，但是这个概念对教学目的和研究目的还有点用处．对教学目的的用处是：因为实际的社会主义經济計划是极其复杂的，因此，唯一合乎情理的教学方法，是連續順序地討論一些假設的計划系統，从簡化到近乎荒謬程度开始，一直到与实际情况相近似的系統．至于在研究目的上的用处是：为了判明某一定計划的优点和弊端，有必要研究那些并不随时間推移而改变的，和那些不管收到的报告如何仍然固定不变的計划的作用．

(2) 非条件反射的計划系統：这种計划系統就好比自动駕駛仪一样，对报告的情况不是置之不理，而是按照預先設定的不变的規則，对报告的情况，作出反应．

(3) 具有条件反射的計划系統：这是比自动駕駛仪更高明的計划系統．它不但对一切的不平衡状态能按标准規定的途径作出反应，而且，它在取得某些經驗后，能够从报告的数据中，观察出某些将要到来的不平衡的信号，并能采取預防措施．

8.4 中央計划經济

有了生产系統、消費系統、貿易系統以及适当的信息选择系統（計划与报告系統），通过它們的串联与反饋耦合，我們便可以建立一个中央国民經济計划系統的模型．

建立这样一种模型，是一項艰巨任务．而且这个模型对实际情况来說，还是太为簡化了的．但是，即使如此，这个模型在教学上的作用还是肯定无疑的．

我們这里只介紹一个波兰科学院度量經济委員会所作出的模型．

建立这个模型的主要假定是：

(1) 它只生产四种产品：

(a) 易耗生产資料——A_0；

(b) 耐用生产資料——A_1；

(c) 易耗消費資料——B_0;

(d) 耐用消費資料——B_1.

(2) 消費,用人力的生产 C 来表示.

(3) 模型包括用耦合連接起来的十七个系統.

这十七个系統是:

(a) 中央信息系統;

計划系統 ABC^{I}_{*},

报告系統 ABC^{I}_{+};

(b) 包括各个工业的信息系統:

A^{II}_0——A_0 生产的預算,

A^{II}_1——A_1 生产的預算,

B^{II}_0——B_0 生产的預算,

B^{II}_1——B_1 生产的預算;

(c) 一个信息系統:

C^{II}——各个家庭預算的总和;

(d) 貿易系統:

A^{III}_0——A_0 的市場,

A^{III}_1——A_1 的市場,

B^{III}_0——B_0 的市場,

B^{III}_1——B_1 的市場;

(e) 一个特殊的系統:

C^{III}——人力的市場;

(f) 生产系統:

A^{IV}_0——A_0 的生产,

B^{IV}_0——B_0 的生产,

A^{IV}_1——A_1 的生产,

B^{IV}_1——B_1 的生产;

(g) 一个特殊系統:

C^{IV}——消費.

我們不大怀疑,讀者在經过对这本书的学习之后,已經取得了

从图解中发現串联耦合和反饋耦合的經驗．因此，他就能够不靠作者的帮助，自己来分析这一个中央国民經济計划模型的各个耦合的錯綜网絡．

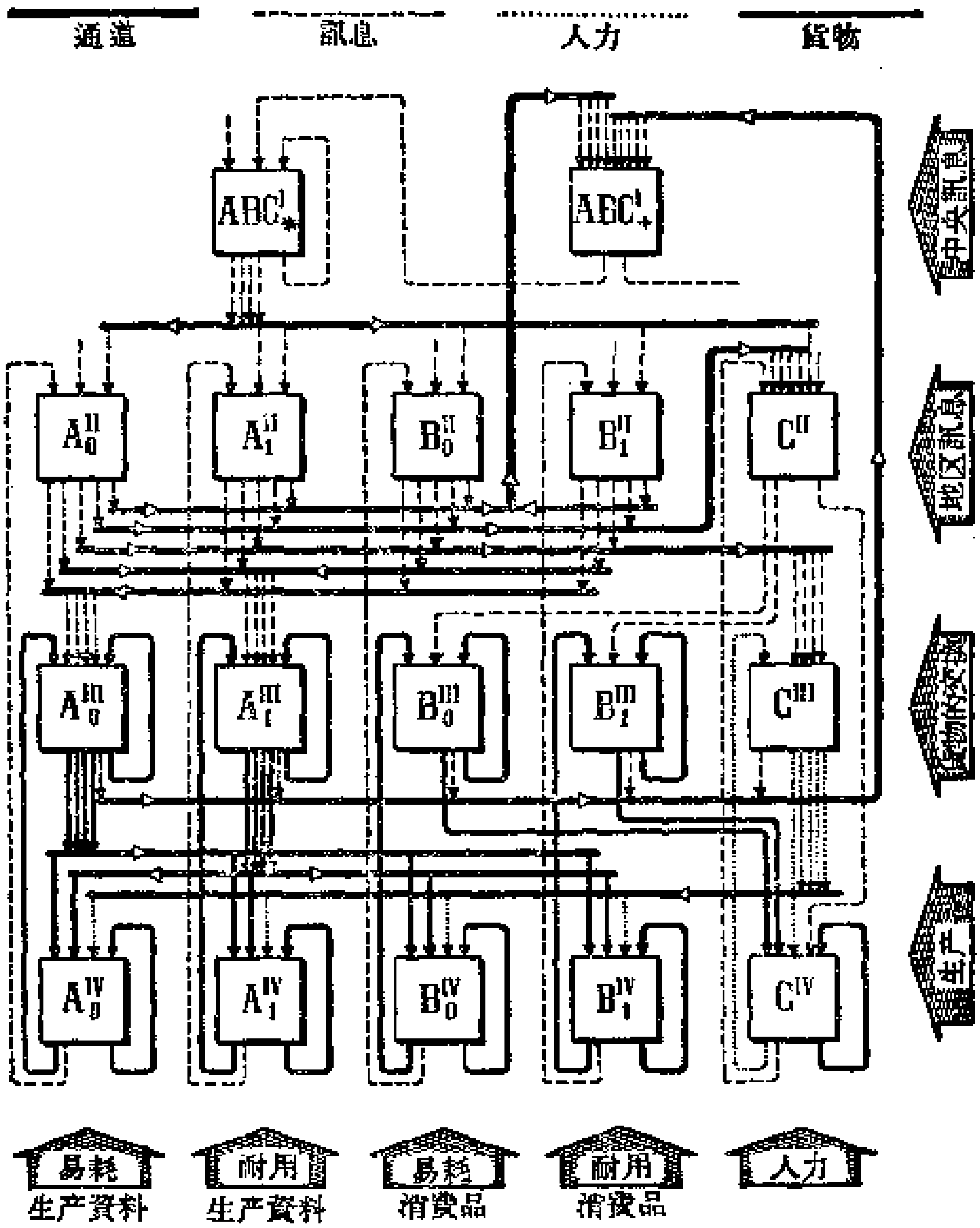


图 8.4.0 一个中央国民經济計划系統的模型

参 考 文 献

本书各节括号中所註参閱文献号(如 A.1，BGS 或 L.3 等)，請按字母順序从本书目中寻索.

A. 1 Ashby W. R. *An Introduction to Cybernetics*. London 1956.

B. 1 Berkeley E. C. *Giant Brains or Machines that Think*. New York 1949.

B. 2 Brillouin L. *Science and Information Theory*. New York 1956.

B. 3 Beach E. F. *Economic Models. An Exposition*. New York 1957.

BGS Bogusławski S., Greniewski H., Szapiro J. *Dialogi o cybernetyce* [Dialogues on Cybernetics]. "Myśl Filozoficzna" no. 4 (14), 1954, pp. 158-212.

C. 1 Choynowski M. *Założenia cybernetyki a zagadnienia biologii* [*The Principles of Cybernetics and Biological Problems*]. "Postępy Wiedzy Medycznej" no. 3, 1957, pp. 239--227.

D. 1 Dembowski J. *Naśladowanie zjawisk życiowych jako metoda biologiczna* [*Imitation of Phenomena of Life as a Biological Method*]. Lwów-Warszawa 1924.

G. 1 Greniewski H. *ABC gospodarki planowej* [*ABC of Planned Economy*]. Warszawa 1947. [Parts I&II].

G. 2 Greniewski H. *Arithmetics of Natural Numbers as a Part of Bivalued Propositional Calculus*. "Colloquium Mathematicum" 1951, pp. 291-297.

G. 3 Greniewski H. *Logika matematyczna a sieci elektryczne* [*Mathematical Logic and Electrical Circuits*]. "Problemy" no. 7 (88), 1953, pp. 449-455.

G. 4 Greniewski H. *Elementy logiki formalnej* [*Elements of Formal Logic*]. Warszawa 1955.

G. 5 Greniewski H. *Elementy logiki indukcji* [*Elements of the Logic of Induction*]. Warszawa 1955.

G. 6 Greniewski H. *Milla kanon zmian towarzyszących* [*Mill's Principle of Concomitant Variations*]. "Studia Logica" V, 1957, pp. 109-126.
G. 7 Greniewski H. *Cybernetyka* [*Cybernetics*]. "Encyklopedia Współczesna" no. 3, 1957, pp. 105-107.
G. 8 Greniewski H. *Syntetyczne zwierzeta* [*Synthetic Animals*]. "Encyklopedia Współczesna" no. 10, 1957, pp. 471-474.
G. 9 Greniewski H. *Obrona dysertacji doktorskiej* [*In Defence of the Doctoral Thesis*]. "Studia Filozoficzne" no. 2 (5), 1958, pp. 237-247.
G. 10 Greniewski H. *Cybernetyka z lotu ptaka* [*Cybernetics — a Bird's-Eye View*]. Warszawa 1959.
G. 11 Greniewski H. *Cybernetics and Economic Models.* "The Reviev of the Polish Academy of Sciences" IV, no. 2 (14), 1959, pp. 57-96.
G. 12 Greniewski M. [junior] *Algebry (m + n)-elementowe i ich zastosowania do układów przekaźnikowo-stykowych* [*(m + n)-Elemental Algebras and their Application to Relay and Contact Systems*]. "Zastosowania Matematyki" IV, no. 2, 1958, pp. 142-168.
GMB Greniewski H., Bochenek K., Marczyński M. *Application of Bi-elemental Boolean Algebra to Electronic Circuits.* "Studia Logica" II, 1955, pp. 7-76.
K. 1 Kotarbiński T. *Wybór pism.* T. I: *Myśli o działaniu* [*Selected Works.* Vol. 1. *Reflections on Action*]. Warszawa 1957.
K. 2 Kuratowski J. *Sur la notion de l'ordre dans la théorie des ensembles.* "Fundamenta Mathematicae" 2, 1921, pp. 116-171.
KM Kuratowski K., Mostowski A. *Teoria mnogości* [*The Set Theory*]. Warszawa-Wrocław 1952.
L. 1 Lange O. *Introduction to Econometrics.* Warszawa-London-New York 1959.
L. 2 Ляпунов А. А. *О некоторых общих вопросах кибернетики* [*On Certain General Problems of Cybernetics*]. "Проблемы Кибернетики" 1, 1958, pp. 5-22.
L. 3 Latil P. de *La pensée artificielle.* Paris 1953.
L. 4 Lem S. *Dialogi* [*Dialogues*]. Kraków 1957.

L. 5 Leśniak K. *Filodemosa «Traktat o indukcji»* [*Philodemos' «Treatise on Induction»*]. "Studia Logica" II, 1957, pp. 77-111.

M. 1 Мельчук И. А. *О машинном переводе с венгерского языка на русский* [*On Mechanical Translation from Hungarian into Russian*]. "Проблемы Кибернетики" 1, 1958, pp. 222-264.

M. 2 Moisil G. C. (Bucureşti) *Zarys algebry automatycznych układów przekaźnikowo-stykowych* [*An Outline of an Algebra of Automatic Relay and Contact Systems*]. "Zastosowania Matematyki" IV, no. 1, 1958, pp. 1-27.

M. 3 Mostowski A. *Logika matematyczna* [*Mathematical Logic*]. Warszawa-Wrocław 1948.

P. 1 Page E. *Digital Computer Switching Circuits.* "Electronics" 7, 1948, pp. 110-118.

PW Pawlak Z., Wakulicz A. *Use of Expansions with a Negative Basis in the Arithmometer of a Digital Computer.* "Bull. Ac. Pol. Sc., III", vol. V, no. 3, 1957, pp. 233-236.

R. 1 Rashevsky N. *Mathematical Biophysics.* Chicago 1948.

R. 2 Russell B. *Mysticism and Logic.* London 1929.

S. 1 Shannon C., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication.* Urbana 1949.

S. 2 Slepian D. *Information Theory.* In: *Operations Research for Management.* Baltimore 1954, pp. 149-167.

S. 3 Sluckin W. *Minds and Machines.* London.

S. 4 Staehler R. E. *An Application of Boolean Algebra to Switching Circuit Design.* "The Bell System Technical Journal" vol. 31, no. 2, 1952, pp. 280-295.

S. 5 Szaniawski K. *O indukcji eliminacyjnej* [*On Eliminative Induction*]. In: *Fragmenty filozoficzne. Seria druga.* Warszawa 1959, pp. 291-306.

S. 6 Szaniawski K. *Prawo, prawidłowość statystyczna, prawdopodobieństwo* [*Scientific Law, Statistical Regularity, Probability*]. "Zeszyty Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Warszawskiego" no. 2, 1957, pp. 73-85.

SKL Соболев С. Л., Китов Е., Ляпунов А. А. *Основные черты кибернетики* [*The Basic Principles of Cybernetics*]. "Вопросы философии" no. 4, 1955, pp. 136-143.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. I Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. I Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. I Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. I Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.

W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.

W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.

W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie.* Wien--Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations.* "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.* New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wrocław-Warszawa 1957.

T. 1 Tinbergen J. *Einführung in die Oekonometrie*. Wien-Stuttgart 1952.
W. 1 Wiener N. *A Simplification of the Logic of Relations*. "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society" vol. 17, 1912-1914, pp. 387-390.
W. 2 Wiener N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York-Paris 1948.
W. 3 Wojtasiewicz O. *Wstęp do teorii tłumaczenia* [*An Introduction to the Theory of Translation*]. Wroclaw-Warszawa 1957.